Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

Bericht über die Tätigkeit des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie

2010

bkg

FRANKFURT AM MAIN • LEIPZIG • WETTZELL

Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

Bericht über die Tätigkeit des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie

1. Januar – 31. Dezember 2010

Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie
Frankfurt am Main 2010

Liebe Leserinnen und Leser!

Prof. Dr. Hansjörg Kutterer

Viele Entscheidungen in den gesellschaftspolitisch relevanten Aufgabenbereichen besitzen und erfordern einen Raumbezug. Somit sind – neben thematischen Inhalten – Angaben zu geographischen Positionen und Räumen wesentliche, die Entscheidungen unterstützende Informationen. Man spricht hier kurz von Geodaten, mit deren Hilfe die Ausdehnung und Komplexität der räumlichen Sachverhalte und Zusammenhänge adäquat beschrieben und verstanden werden können. Beispiele finden sich in vielfältigen Bereichen wie der öffentlichen Sicherheit, dem Umweltschutz, der Standortplanung und dem Katastrophenmanagement. Die Qualität der Geodaten, z. B. ihre Aktualität, Zuverlässigkeit und Genauigkeit, wirkt sich unmittelbar auf die Qualität der Entscheidungen aus.

Die Aufgaben und Leistungen des BKG, des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, sind zentrale Elemente dieses Themenkreises. Als Kompetenz- und Dienstleistungszentrum des Bundes sorgt das BKG gemeinsam mit Partnern für die sachgerechte und umfassende Verfügbarkeit eines präzisen Koordinatenrahmens und von flächendeckenden digitalen Informationen zur Geotopographie. Mit diesem Jahresbericht gibt Ihnen das BKG einen aktuellen Einblick in seine Tätigkeiten.

Für die effiziente Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung digitaler Geodaten sind leistungsfähige Technologien eine unverzichtbare Grundlage. Zum Teil werden bereits vorhandene Quellen genutzt, die auf Erfassungen anderer Stellen beruhen, zum Teil werden flug- und satellitengestützte Erdbeobachtungen durchgeführt. Für die Verarbeitung und Verwaltung von Geodaten werden Geo-Datenbanken und Geo-Informationssysteme eingesetzt, um sie schließlich über Geo-Web-Dienste sowie anschauliche Karten auf den heute verfügbaren Medien bereitzustellen.

Grundlegende Voraussetzung ist ein hoch genauer Raumbezug in Form eines global verankerten Koordinatensystems. Ein solcher ist in Zeiten der Satellitennavigation unverzichtbar für alle positionsbezogenen Dienste, z. B. in Fahrzeugnavigationssystemen. Aus ihm wird auch das räumliche Bezugssystem für die nationalen und europäischen Geodateninfrastrukturen (GDI) abgeleitet. Bei dessen Einrichtung und Pflege wirkt das BKG mit seinen geodätischen Observatorien in Wettzell (Bayerischer Wald) und Concepcion (Chile) und seinen international vernetzten Analysegruppen maßgeblich mit. Auch am Aufbau des Global Geodetic Observing Systems (GGOS) in Verbindung mit dem GGOS Inter-Agency Committee (GIAC) ist das BKG wesentlich beteiligt. Zugleich stehen die Beobachtungsdaten der geodätischen und geowissenschaftlichen Forschung z. B. zum Monitoring der Dynamik des Systems Erde zur Verfügung.

Im Geoinformationswesen konzentriert sich das BKG seit über einem Jahrzehnt auf die Entwicklung und den Aufbau der nationalen Geodateninfrastruktur (kurz GDI-DE). Hierfür werden die Geobasisdaten der Bundesländer mit Geodaten aus Vergabeaufträgen an die Industrie (digitale Karten und Satellitendaten) verknüpft und den Nutzern in Bundeseinrichtungen und darüber hinaus bereitgestellt. Das Geodatenzentrum (GDZ) des BKG spielt dabei eine zentrale Rolle: Es führt die Geobasisdaten zusammen, har-

monisiert und verwaltet sie, und stellt sie online „rund um die Uhr“ für alle Nutzer bereit. Dafür benötigte Methoden und Verfahren werden im GDZ entwickelt und gepflegt.

Für den Aufbau einer vernetzten Geodateninfrastruktur sind – über die rein technologischen Aspekte hinaus – die beteiligten Stellen effektiv zu koordinieren. Dies gilt sowohl über die Ressortgrenzen hinweg als auch Ebenen übergreifend im föderalen System und stellt eine große Herausforderung dar. Hier engagiert sich das BKG mit der Geschäftsstelle des Interministeriellen Ausschusses für das Geoinformationswesen (IMAGI) und mit der Koordinierung der AG IMAGI. Zu nennen ist auch die Koordinierungsstelle (KSt GDI-DE) des Lenkungsgremiums GDI-DE für die Vernetzung der Geodaten des Bundes, der Länder und der Kommunen. Außerdem wirkt die KSt GDI-DE als Kontaktstelle für die Europäische Kommission beim Vollzug der INSPIRE-Richtlinie (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Aufgrund der länderübergreifenden Bezüge sind BKG-Experten an den europäischen und internationalen Entwicklungsprojekten INSPIRE, GMES und GEOSS z. T. maßgeblich beteiligt. Die Zusammenarbeit mit den National Mapping Organisations aus mehr als 40 europäischen Ländern im Rahmen von EuroGeographics wurde in gewohnter Weise fortgesetzt.

Um die genannten Beiträge langfristig kompetent leisten zu können, entwickelt das BKG die benötigten Methoden, Verfahren und Technologien in eigener Initiative fort, teils mit Vergabeaufträgen an die Industrie, teils in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Universitäten und Forschungseinrichtungen.

Insgesamt blickt das BKG auf ein erfolgreiches Jahr zurück. Dank der Fähigkeiten und Leistungsbereitschaft seiner Beschäftigten und der eingesetzten Technologien konnten die nationalen, europäischen und internationalen Anforderungen erfüllt werden. Bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BKG und darüber hinaus bei allen Partnern in Verwaltung, Wissenschaft und Industrie bedanke ich mich sehr herzlich für die überaus konstruktive Zusammenarbeit. Meine besondere Anerkennung gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die bei der Erstellung des Jahresberichtes mitgewirkt haben.

Hansjörg Kutterer

Präsident und Professor des BKG

Inhalt

Vorwort

Inhalt

1. Einleitung 7

Organisationsplan 8

2. Arbeiten der Abteilung Geoinformationswesen 9

2.1 Nationales GeoDatenZentrum 9

2.1.1 Online-Dienste 9

2.1.2 Digitale Landschaftsmodelle 10

2.1.3 Digitale Topographische Karten 11

2.1.4 Digitale Orthophotos 11

2.1.5 Geographische Namen 11

2.1.6 Vertrieb von Geobasisdaten 11

2.1.7 Geobasisdaten - Produktion 11

2.2 Geoinformatik 13

Verfahren zur Bereitstellung von Geobasisdaten 13

2.3 Geoinformationsprodukte 14

2.3.1 Digitale und analoge Kartenwerke 14

2.3.2 Kartenvertrieb, Vertrieb Top200 14

2.3.3 Historische Ortschaftsverzeichnisse 15

2.3.4 Auftragsarbeiten AGeoBW 15

2.4 Entwicklung von GI-Produkten 16

2.4.1 TopDeutschland 16

2.4.2 Generalisierung von Waldflächen aus dem Basis-DLM für das Digitale Landschaftsmodell 1:250 000 (DLM250) 17

2.4.3 Points of Interest (POI) 18

2.4.4 Erweiterung des BKG-Viewers um die dritte Dimension 19

2.4.5 Bereitstellung des europaweiten Datensatzes GeoStreet+ in unterschiedlichen Maßstäben 20

2.5 Supranationale Geoinformationssysteme 21

2.5.1 EuroBoundaryMap 1 : 100 000 21

2.5.2 EuroRegionalMap 1 : 250 000 und EuroGlobalMap 1 : 1 000 000 22

2.5.3 Europäische Infrastruktur für Geographische Namendaten - EuroGeoNames (EGN) 22

2.5.4 ESDIN 23

2.6 Photogrammetrisch-fernerkunliche Informationsgewinnung 24

2.61 DLM-DE2009 LC 24

2.6.2 Digitale Geländemodelle 25

3. Arbeiten der Abteilung Geodäsie 27

3.1 Grundsatzangelegenheiten, Globale Referenzsysteme 27

3.1.1 International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) 27

3.1.2 International Laser Ranging Service (ILRS) 30

3.1.3 International VLBI Service (IVS) 32

3.2 Nationale Referenzsysteme *Lage* 36

3.2.1 Geodätisches Referenznetz GREF 36

3.2.2 Der SA*POS*®-Bezugsrahmen DREF-Online 36

3.2.3 Europäisches Referenznetz EUREF 37

3.2.4 Echtzeitnahe Parameterschätzung 38

3.2.5 DHHN2008-GNSS-Netz 38

3.2.6 Echtzeit-Aktivitäten 39

3.3 Nationale Refernzsysteme *Höhe* 41

3.3.1 Höhenbezugssysteme 41

3.3.2 Bestimmung regionaler Schwerefeld- und Geoidmodelle 42

3.3.3 Geodätische Informationssysteme 45

3.3.4 Geodätisches Referenznetz GREF 47

3.4 Nationale Refernzsysteme *Schwere* 49

3.4.1 Deutsches Schwerereferenzsystem DSRS 49

3.4.2 Beitrag zum Internationalen Schwerereferenzsystem 51

3.4.3 Projektarbeiten zur Schwerefeldbestimmung 53

3.5 Geodätisches Observatorium Wettzell 57

3.5.1 Datengewinnung VLBI 58

3.5.2 Datengewinnung SLR/LLR 63

3.5.3 Datengewinnung GNSS 68

3.5.4 Laserkreisel 71

4. Sonstige Aufgaben 78

4.1 Mitarbeit in nationalen und internationalen Organisationen 78

4.1.1 Geschäftsstelle des Interministeriellen Ausschusses für Geoinformationswesen (IMAGI) 78

4.1.2 Koordinierungsstelle Geodateninfrastruktur Deutschland (KSt. GDI-DE) 81

4.1.3 Ständiger Ausschuss für geographische Namen (StAGN) 82

4.1.4 Bundesgrenzangelegenheiten 82

4.2 Sonderaufgaben 84

4.2.1 Ausbildung 84

4.2.2 Veröffentlichungen des BKG 87

5. Abkürzungsverzeichnis 88

1. Einleitung

Der Jahresbericht 2010 des BKG bietet einen Überblick über den strukturellen Aufbau und die in den einzelnen Bereichen geleisteten Arbeiten der rd. 300 Beschäftigten. Naturgemäß stehen dabei die aktuellen Aufgaben der beiden Fachabteilungen an den drei Standorten Frankfurt am Main, Leipzig und Wettzell im Vordergrund.

Um sich ganz auf ihre Aufgabe konzentrieren zu können, werden die Mitarbeiter der Fachabteilungen von der Abteilung Zentrale Dienste in technischer, organisatorischer und administrativer Hinsicht unterstützt.

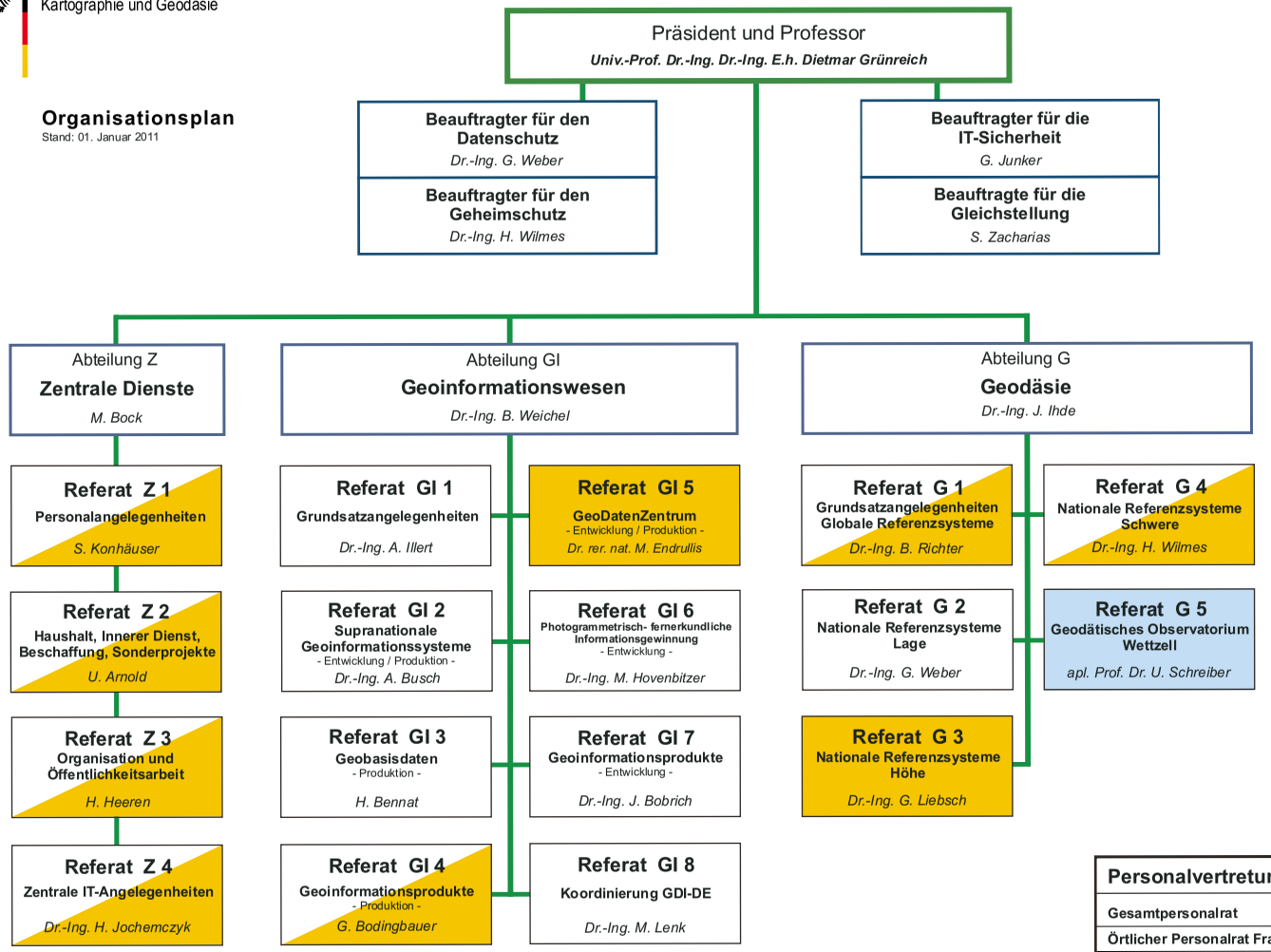
Die Ergebnisse werden in der umgekehrten Reihenfolge ihrer Entstehung präsentiert: Der Bericht der Abteilung Geoinformationswesen beginnt mit dem Geodatenzentrum und dessen Produkte, die u.a. in Webdiensten bereitgestellt werden. Die folgenden Kapitel geben Auskunft über die Produktionsarbeiten zur Aktualisierung, Qualitätsverbesserung und Herausgabe der kleinmaßstäbigen amtlichen Kartenwerke und Geodaten sowie über die bei EuroGeographics vereinbarten europäischen Produkte.

Vor all diesen Produkten und Ergebnissen steht jedoch Arbeit, wie sie in der Abteilung Geodäsie geleistet wird. Die Geodäsie vermisst die Form und Größe der Erde sowie ihre Veränderungen und bestimmt daraus ein räumliches Bezugssystem (Koordinatensystem), mit dessen Hilfe Geodaten räumlich zugeordnet werden können, wodurch sie erst brauchbar werden. Anhand der Satellitentechnologie wird es immer besser möglich, die globalen Aufgaben der Geodäsie in internationalen Kooperationen zu lösen. Eine herausragende Rolle nehmen dabei die Geodätischen Observatorien des BKG in Wettzell, Bayerischer Wald, und in Concepcion, Chile, ein, wo mit allen modernen geodätischen Beobachtungstechniken gearbeitet wird.

Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

Organisationsplan

Stand: 01. Januar 2011



Zentrale Dienststelle Frankfurt am Main

Anschrift: Richard-Strauss-Allee 11
60598 Frankfurt am Main
Telefon: (069) 6333-1
Telefax: (069) 6333-335
E-Mail: Mailbox@bkg.bund.de
Internet: www.bkg.bund.de

Geschäftsstellen

Koordinierungsstelle GDI-DE
Dr.-Ing. M. Lenk

GSt. IMAGI
Geschäftsstelle des IMAGI
P. Zaccheddu

AGA
Arbeitsgruppe Automation in der Kartographie, Photogrammetrie und GIS
Dr.-Ing. J. Bobrich

EuroSDR
Publikationsbüro der Assoziation European Spatial Data Research
Dr.-Ing. A. Busch

StAGN
Ständiger Ausschuss für Geographische Namen
B. Beinstein

IERS
Zentralbüro
Dr.-Ing. B. Richter

Personalvertretungen	
Gesamtpersonalrat	*Vorsitzender: E. Schulz*
Örtlicher Personalrat Frankfurt/M	*Vorsitzender: H. Jähnke*
Örtlicher Personalrat Leipzig	*Vorsitzende: S. Kollenda*
Örtlicher Personalrat Wettzell	*Vorsitzender: K. Röttcher*
Jugend- und Auszubildendenvertretung	*J. Bernhardt*
Vertretung für die Belange behinderter Menschen	*J. Thiel*

bkg © 2011 Alle Rechte vorbehaltlich

2 Arbeiten der Abteilung Geoinformationswesen

Kernaufgabe der Abteilung GI ist es, in enger Zusammenarbeit mit den Landesvermessungsbehörden geotopographische Informationen in Form

- digitaler Geobasisdaten verschiedener Auflösungsstufen,
- topographischer Kartenwerke verschiedener Maßstäbe,
- digitaler kartographischer Rasterdaten

bereitzustellen, sowie die dafür erforderlichen Methoden und Verfahren unter Berücksichtigung modernster wissenschaftlicher Erkenntnisse und Technologien fortzuentwickeln.

2.1 Nationales GeoDatenZentrum

Das GeoDatenZentrum (GDZ) des BKG, das der länderübergreifenden Harmonisierung und Bereitstellung von geotopographischen Basisdaten dient, hat neben dem produktiven Betrieb seine Produktpalette erweitert und im Bereich der Online-Dienste einen weiteren Ausbau erfahren. Seit Anfang 2008 informiert ein Newsletter in regelmäßigen Abständen über neue Geodaten, Dienste und andere Leistungen.

2.1.1 Online-Dienste

Das normbasierte Metainformationssystem, das detaillierte Auskunft über die Verfügbarkeit und Qualität der Daten der deutschen Landesvermessung gibt, wurde inhaltlich und strukturell durch die beteiligten Bundesländer und durch das BKG weiterentwickelt. Die Prüfung der INSPIRE-Konformität der Daten wurde erfolgreich abgeschlossen. Ein INSPIRE-konformer Webdienst wird im Februar 2011 zur Verfügung stehen.

OGC-konforme Web Map Services (WMS) zur Visualisierung von topographischen Karten in Form von Rasterdaten werden in allen Kartenmaßstäben genutzt. Die Reaktionszeiten dieser Dienste konnten durch strukturelle Veränderungen weiter verbessert werden. Der WMS für die Digitalen Orthophotos (DOP) wurde für über 90 % Deutschlands in seiner Bodenauflösung von 40 auf 20 cm erweitert. Der Download von DOP wird in nutzerspezifischen Auflösungen und in Abhängigkeit von den Nutzungsrechten unterstützt.

Für Bundeseinrichtungen wurden neue Web Map Services auf der Basis von GEOstreet+ sowohl für Deutschland als auch für Europa bereitgestellt.

Web Feature Services (WFS) sind für alle Digitalen Landschaftsmodelle verfügbar. Auf der Basis des Digitalen Geländemodells DGM25 (Gitterweite 25 m) ist der Höhendienst „Altimeter“ neu eingerichtet worden.

Für jeden Datendienst wird auch ein Metadatendienst mit Informationen zur Aktualität geführt.

Auf Grundlage der georeferenzierten Gebäudeadressen der deutschen Landesvermessung steht eine Adress-Suche als OGC-konformer WFS und als Open Location Service (OLS) zur Verfügung. Die Dienste unterstützen fehlertolerante und phonetische Vergleiche von Straßen- und Ortsnamen und die Suche von Adressen zu einer geographischen Lage. Für Bundesbehörden gibt es die Möglichkeit, Adressdaten im Batchmodus zu verorten.

Der Web Feature Service „Geographische Namen Deutschlands (GN-DE)“ unterstützt die Recherche geographischer Objekte über ihre Endonyme. Unter anderem kann die Zuordnung zu Verwaltungseinheiten oder Postleitzahlgebieten dabei direkt ausgewertet werden. Die Geometrie der Namensobjekte stammt aus dem Digitalen Landschaftsmodell 1 : 250 000.

Darüber hinaus betreibt das GDZ Online-Dienste für Koordinatentransformationen und die Suche historischer Ortsnamen für ehemals zu Deutschland gehörige Gebiete. Der Koordina-

tentransformationsdienst wurde auf der Basis eines OpenSource-Projektes mit deutlich höherer Performance neu aufgesetzt.

Der Geodaten-Shop für jedermann und der Download für Bundeseinrichtungen bieten zu jeder Zeit die Möglichkeit der Datenbestellung und des sofortigen Datenbezuges. Über den Dienste-Shop können Nutzer dem BKG ihr Interesse an der Freischaltung von Online-Diensten per Web-Formular übermitteln.

2.1.2 Digitale Landschaftsmodelle

ATKIS - Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM)
Der Datenbestand des Basis-DLM der Bundesländer liegt im BKG im bisherigen ATKIS-Modell vollständig vor. Im Berichtszeitraum erfolgte der Umstieg weiterer Länder zum neuen AAA-Datenmodell. Neben der Pflege des „alten" Datenbestandes wurde der Aufbau des neuen AAA-Basis-DLM am BKG fortgesetzt.

Im Berichtszeitraum erfolgten Datenübernahmen zur Aktualisierung aller Landesdatensätze. Mit der Erstdatenlieferung von AAA-Daten wurde letztmalig eine Aktualisierung im alten Datenmodell verbunden. Alle übernommenen Datensätze wurden homogenisiert und in die BKG-Datenbank integriert. Dabei wurden alle Daten einer umfangreichen formal-logischen Prüfung unterzogen, deren Ergebnisse den Datenlieferanten zugestellt wurden. Die Prüftechnologie von Datenbeständen im AAA-Datenmodell wurde 2010 entwickelt und erprobt. Sie wird ab 2011 in den Datenübernahmeprozess integriert. Prüfungen zur Grenzanpassung zwischen benachbarten Ländern wurden weitergeführt, wobei deutliche Qualitätsverbesserungen zu verzeichnen sind.

Detaillierte, auf die jeweiligen Erfassungseinheiten bezogene Informationen über Aktualität und Ausbaustufe werden von allen Ländern zusammen mit den Daten geliefert. Sie werden im Metainformationssystem als graphische Übersichten bzw. interaktive Karten dargestellt und weisen sehr detailliert den aktuellen Stand aus.

ATKIS – Digitales Geländemodell 1:25 000 (DGM-D)
Das hochauflösende Geländemodell liegt flächendeckend für Deutschland mit Gitterweiten von 25 m und 50 m vor.

ATKIS – Digitales Landschaftsmodell 1:50 000 (DLM50)
Mit der Übernahme dieses Datenbestandes von den Bundesländern wurde 2004 begonnen. Seither wurden von einigen Ländern entsprechend Arbeitsfortschritt mehrere Aktualisierungen geliefert.

ATKIS – Digitales Landschaftsmodell 1:250 000 (DLM250)
Das Landschaftsmodell liegt flächendeckend für Deutschland vor. Im Berichtszeitraum sind Datenverdichtungen und -aktualisierungen vorgenommen worden.

ATKIS – Digitales Geländemodell 1:250 000 (DGM250)
Das Geländemodell liegt flächendeckend für Deutschland vor.

ATKIS – Digitales Landschaftsmodell 1:1 000 000 (DLM1000)
Das Landschaftsmodell liegt flächendeckend für Deutschland vor. Im Berichtszeitraum sind Datenverdichtungen und -aktualisierungen vorgenommen worden.

ATKIS – Digitales Geländemodell 1:1 000 000 (DGM1000)
Das Geländemodell liegt flächendeckend für Deutschland vor.

Verwaltungsgrenzen 1:250 000 / 1:1 000 000 (VG250 / VG1000)
Die Verwaltungsgrenzen der Bundesrepublik Deutschland (Gemeinden und übergeordnete Einheiten) wurden bis zum Aktualitätsstand 31.12.2009 fortgeführt. Sie werden jetzt als VG250 und VG1000 bzw. VG250-EW und VG1000-EW ohne und mit Einwohnerzahlen angeboten. Die Variante ohne Einwohnerzahlen dient einer zeitnahen Bereitstellung aktueller Grenzverläufe.

2.1.3 Digitale Topographische Karten

ATKIS – Digitale Topographische Karte 1:25 000 (DTK25)
Der Datenbestand wurde kontinuierlich auf Basis der Datenlieferungen aller Bundesländer aktualisiert.
Er ist flächendeckend für Deutschland in Form georeferenzierter Einzelkartenblätter und blattschnittfreier Kacheln (10 km x 10 km) verfügbar.

ATKIS - Digitale Topographische Karte 1:50 000 (DTK50)
Der Datenbestand wurde kontinuierlich auf Basis der Datenlieferungen aller Bundesländer aktualisiert.
Er ist flächendeckend für Deutschland in Form georeferenzierter Einzelkartenblätter und blattschnittfreier Kacheln (20 km x 20 km) verfügbar.

ATKIS - Digitale Topographische Karte 1:100 000 (DTK100)
Der Datenbestand wurde kontinuierlich auf Basis der Datenlieferungen aller Bundesländer aktualisiert.
Er ist flächendeckend für Deutschland in Form georeferenzierter Einzelkartenblätter und blattschnittfreier Kacheln (40 km x 40 km) verfügbar.

ATKIS - Digitale Topographische Karten 1:200 000 / 1:500 000 / 1:1000 000 (DTK200, DTK500, DTK1000)
Die Datensätze der Digitalen Topographischen Karten DTK200, DTK500 und DTK1000 stehen aktualisiert in jeweils zwei graphischen Auflösungen, unterschiedlichen Abbildungen, räumlichen Gliederungen sowie Datenformaten flächendeckend für Deutschland zur Verfügung.

2.1.4 Digitale Orthophotos

Die Digitalen Orthophotos wurden 2007 durch das GDZ von allen Bundesländern in einer einheitlichen Bodenauflösung von 40 cm übernommen. Ab 2008 wurden die Daten aktualisiert, wobei die Bodenauflösung auf 20 cm verbessert wurde, die mittlerweile für rund 90 % Deutschlands vorliegt. Die Bilder werden in der jeweiligen Georeferenzierung des Landes bereitgestellt und im BKG zu einem bundesweiten Web Map Service aufbereitet.

2.1.5 Geographische Namen

Der Datenbestand „Geographische Namen“ GN250 wurde im Berichtszeitraum turnusmäßig fortgeführt. Damit verbunden wurde die Produktspezifikation nutzerorientiert weiter entwickelt.

2.1.6 Vertrieb von Geobasisdaten

Gegenüber dem Jahr 2009 stabilisierte sich im Jahr 2010 die Bereitstellung von Geobasisdaten an Dritte, während bei der Abgabe an Bundeseinrichtungen eine Steigerung erzielt werden konnte. Insgesamt wurden Daten über 150 Mio. km² Fläche an Dritte abgegeben. Bundeseinrichtungen nahmen Daten über 136 Mio. km² Fläche ab, das sind 7,9 % mehr als im Vorjahr.
Die Bereitstellung von Geobasisdaten über Online-Dienste (2.1.1) entwickelte sich in den letzten Jahren überaus positiv:

Jahr	Zugriffe
2008	5 Mio.
2009	12 Mio.
2010	26 Mio.

2.1.7 Geobasisdaten - Produktion

Das BKG bearbeitet in zwei Produktionsdatenbanken der Maßstabsbereiche 1 : 250 000 und 1:1000 000 topographische Daten für unterschiedliche Zielprodukte. Aus der Produktionsdatenbank DLM250 werden die Zielprodukte ATKIS-DLM250 und EuroRegionalMap sowie zukünftig auch die Produkte der Kartenserie Joint Operations Graphic JOG (Serie 1501) und DTK250 abgeleitet. Die Produktionsdatenbank DLM1000 dient der Herstellung der Zielprodukte ATKIS-DLM1000, DLM1000W und EuroGlobalMap. Die Spezifikationen der beiden Produktionsdatenbanken – historisch gewachsen aus ursprünglich unterschiedlichen Anforderungen – wurden vereinheitlicht. Damit sind die Datenbanken für die Nutzer leichter handhabbar. Gleichzeitig wurden die Datenbanken

so erweitert, dass eine Abgabe entsprechend der AAA-Spezifikation möglich ist. Die Spezifikationen sind in einer relationalen Datenbank abgelegt, in die auch die Spezifikationen aller Zielprodukte aufgenommen werden sollen. Dadurch können Ableitungstabellen ausgegeben werden, die z.B. in FME eine automatisierte Erstellung von Ableitungsprozeduren ermöglichen.

In beiden Produktionsdatenbanken wurden gemäß des AdV-Beschlusses zur Spitzenaktualität (AdV - Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland) die entsprechenden Objektbereiche aktualisiert und entsprechend den Anforderungen der Zielprodukte weiter ausgebaut. Mit dem Stichtag 31.12.2009 wurden die Daten gemäß der ATKIS-Spezifikation abgeleitet und dem Geodatenzentrum zum Vertrieb zur Verfügung gestellt.

Mit den Aktualitätsständen 31.12.2009 und 01.01.2010 wurden aus den Produktionsdatenbanken DLM250 und DLM1000 die Produkte VG250 und VG1000 sowie VG2500 abgeleitet.

Zusätzlich zu den Produktionsaufgaben wurde die inhaltliche Qualitätsprüfung des DLM-DE durchgeführt. Dazu wurde eine objektbasierte Stichprobenprüfung durchgeführt. Das Verfahren ist zur Prüfung des Qualitätsunterelements „Untervollständigkeit“ um eine spezielle flächenbezogene Komponente erweitert. Entwickelt wurde das Verfahren nach einem entsprechenden Auftrag aus dem Arbeitskreis Geotopographie der AdV (AK GT) von einer Projektgruppe in den Jahren 2006 und 2007. Der AK GT hat den Ländern empfohlen, das Verfahren zur Prüfung z.B. des BasisDLM einzuführen. Vor Beginn der eigentlichen Prüfung des DLM-DE wurde an einem Testgebiet dieser Stichprobenansatz mit dem Ergebnis einer Prüfung der kompletten Fläche eines Testgebietes verglichen. Die Fehlerwerte waren fast identisch, so dass die Zuverlässigkeit des Stichprobenverfahrens bewiesen ist.

2.2 Geoinformatik

Verfahren zur Bereitstellung von Geobasisdaten

Die Bereitstellung von Geobasisdaten und Online-Diensten durch das Nationale GeoDatenZentrum ist eine der zentralen Aufgaben des BKG. Diese Aufgabe umfasst die Prozesse der Datenübernahme von den Vermessungsverwaltungen der Bundesländer, der Prüfung und Harmonisierung dieser Daten, der Produktaufbereitung und der Datenverwaltung sowie des Qualitätsmanagements und der Datenbereitstellung. Die dafür erforderlichen Softwarelösungen, Verfahren, Dienste und Hardwaregrundlagen wurden entsprechend den praktischen Erfahrungen und Erfordernissen sowie unter Beachtung aktueller Standards und Technologien vervollständigt und weiterentwickelt.

Dies betrifft bezüglich des ATKIS **Basis-DLM** insbesondere die Umsetzung des neuen AAA-Datenmodells (AFIS-ALKIS-ATKIS). Im Berichtszeitraum wurde das implementierte Verfahren für Datenimport, Datenhaltung und Datenabgabe in der laufenden praktischen Nutzung weiter verfeinert. Darüber hinaus wurde eine Komponente zur Datenprüfung hinzugefügt und erprobt.

Mit dem regelmäßigen Eingang von Lieferungen aktualisierter Daten und mit dem praktischen Vollzug des Modellwechsels in weiteren Bundesländern erfolgten kontinuierlich Übernahmen von Landesdatensätzen des Basis-DLM (AAA). Der Vertrieb dieser Daten ist angelaufen.

Für den Übergangszeitraum werden parallel Datenbestände im alten und neuen Datenmodell übernommen und vertrieben.

Das Verfahren zur Übernahme, Speicherung und Verwaltung von **Digitalen Orthophotos (DOP)** wurde aufgrund von Änderungen in der Basistechnologie ArcGIS und unter Aspekten der Datenaktualisierung weiter entwickelt. Die Daten werden über einen bundesweiten Web-Dienst Nutzern bereit gestellt. Durch Updates aktualisierte DOP werden als historische Daten abgelegt und sind gleichfalls online als Dienst verfügbar.

Die **Bereitstellung von Online-Diensten** wurde im Berichtszeitraum hinsichtlich Performance und Hochverfügbarkeit weiter optimiert. Zentrale Bausteine sind dabei eine intelligente Lastverteilung und der Einsatz redundanter Systeme. Erste erfolgversprechende Tests zum Einsatz virtueller Server wurden durchgeführt.

Die Verwaltung und Steuerung der Zugriffsrechte auf die Online-Dienste erfolgt über das am GDZ entwickelte **SecurityGate**, das die Rechtevergabe für beliebige Dienste über Netzwerk-Adressen, Nutzeridentifikatoren, temporäre Sitzungskennungen oder Passwörter steuert und das eine Schnittstelle zwischen externer Nutzersicht und interner Implementierung darstellt. Es wurden verschiedene Weiterentwicklungen vorgenommen, insbesondere im Bereich des Rechtemanagements. Nutzer können jederzeit online in Verfügbarkeits- und Zugriffsstatistiken Einsicht nehmen. Ein **Monitordienst** mit aktiver Informationskomponente hat zur hohen Verfügbarkeit der Dienste beigetragen.

Der **Geodaten-Shop** zur Bestellung und zum Vertrieb von Geodaten und das zugehörige interne Verwaltungssystem für Anfragen, Angebote und Aufträge wurden an neue Anforderungen angepasst.

Zur Information über die im Bereich der AdV verfügbaren Geobasisdaten und die darauf aufbauenden Web-Dienste des BKG wurde die Internetpräsentation des Geodatenzentrums (www.geodatenzentrum.de) inhaltlich und funktionell weiterentwickelt. Für Bundesbehörden wurden weitere Dienste und Anwendungen bereitgestellt. So wurden die Dienste GEOstreet+ für Deutschland und Europa in einer Webanwendung bereitgestellt.

In regelmäßigen Abständen werden die Kunden des GeoDatenZentrums durch den Versand eines **Newsletters** über Neuentwicklungen informiert.

2.3 Geoinformationsprodukte

Zu den Geoinformationsprodukten des BKG gehören:

- die **D**igitalen **T**opographischen **K**arten DTK200, DTK500, DTK1000 und die CD-ROM *„Top200“*,
- die analogen **T**opographischen **K**arten in den Maßstäben 1 : 200 000 (TK200), 1 : 500 000 (TK500), 1 : 750 000 (ÜD750) und 1 : 1 000 000 (TK1000),
- die Historischen Topographischen Kartenwerke: Topographische Karte 1 : 25 000, Karte des Deutschen Reiches 1 : 100 000, Übersichtskarte von Mitteleuropa 1 : 300 000 (Sonderausgabe).

2.3.1 Digitale und analoge Kartenwerke

Im Berichtszeitraum wurden:

- 14 Kartenblätter der Digitalen Topographischen Karte 1 : 200 000 (DTK200) aktualisiert, 29 Kartenblätter gedruckt (TK200) und dem Geodatenzentrum / der Fa. GeoCenter zum Vertrieb überlassen,
- die vier Kartenblätter der Digitalen Topographischen Karte 1 : 500 000 (DTK500) aktualisiert und dem Geodatenzentrum zum Vertrieb überlassen,
- die Digitale Topographische Karte 1 : 1 000 000 (DTK1000) aktualisiert und dem Geodatenzentrum / der Fa. GeoCenter zum Vertrieb überlassen,
- die Bürowandkarte 1 : 750 000 neu konfektioniert. Sie liegt nun auf kunststoffhaltigem Papier gedruckt vor, ist mit einer Aufhängevorrichtung versehen und wird durch die Fa. GeoCenter in einem Kunststoffköcher vertrieben. vertrieben.

Auf Grundlage einer im Juli 2006 zwischen dem AGeoBw und dem BKG geschlossenen Vereinbarung leitet das AGeoBw sein Kartenwerk Serie M648 (1 : 100 000) aus dem Datenbestand DTK200 ab (Zwischenlösung).

Das BKG hatte sich verpflichtet, folgende Leistungen zu erbringen:

Abb. 2.3.1-1 Wandkarte 1 : 750 000

- Zeichenschlüsselumstellung auf flächenhafte Siedlungsdarstellung,
- Berücksichtigung des Blattschnittes der Serie M648 bei der Schriftplatzierung im Kartenbild der DTK200,
- Ergänzung von topographischen Informationen im Datenbestand DTK200 unter Berücksichtigung des Blattschnittes der Kartenblätter C1538, C2306 und C2350.

2010 wurden 14 Kartenblätter aktualisiert und dem AGeoBw zur weiteren Verwendung überlassen.

2.3.2 Kartenvertrieb, Vertrieb Top200

Es wurden insgesamt 2 800 Kartenblätter der Topographischen Kartenwerke 1 : 200 000 bis 1 : 1 000 000 und insgesamt 7 500 Kartenblätter der Historischen Topographischen Kartenwerke 1 : 25 000 bis 1 : 300 000 vertrieben.

Vom DVD-ROM-Produkt „*Top200*-Version 5“ wurden im Berichtszeitraum 320 Exemplare an Einrichtungen des Bundes, Sicherheitsbehörden und über das GeoCenter an Dritte abgegeben.

2.3.3 Historische Ortschaftsverzeichnisse

Das Namengut der „Historischen Ortschaftsverzeichnisse“ von Böhmen und Mähren sowie den Sudetendeutschen Randgebieten wurde zur Abgabe im Dateiformat PDF aufbereitet.

2.3.4 Auftragsarbeiten AGeoBw

Die für das AGeoBw in Bearbeitungsblöcken durchzuführenden Aktualisierungen der Kartenserien „1501-Joint Operations Graphic 1 : 250 000” und „1404-World 1 : 500 000” wurden 2010 sach- und termingerecht abgeschlossen.

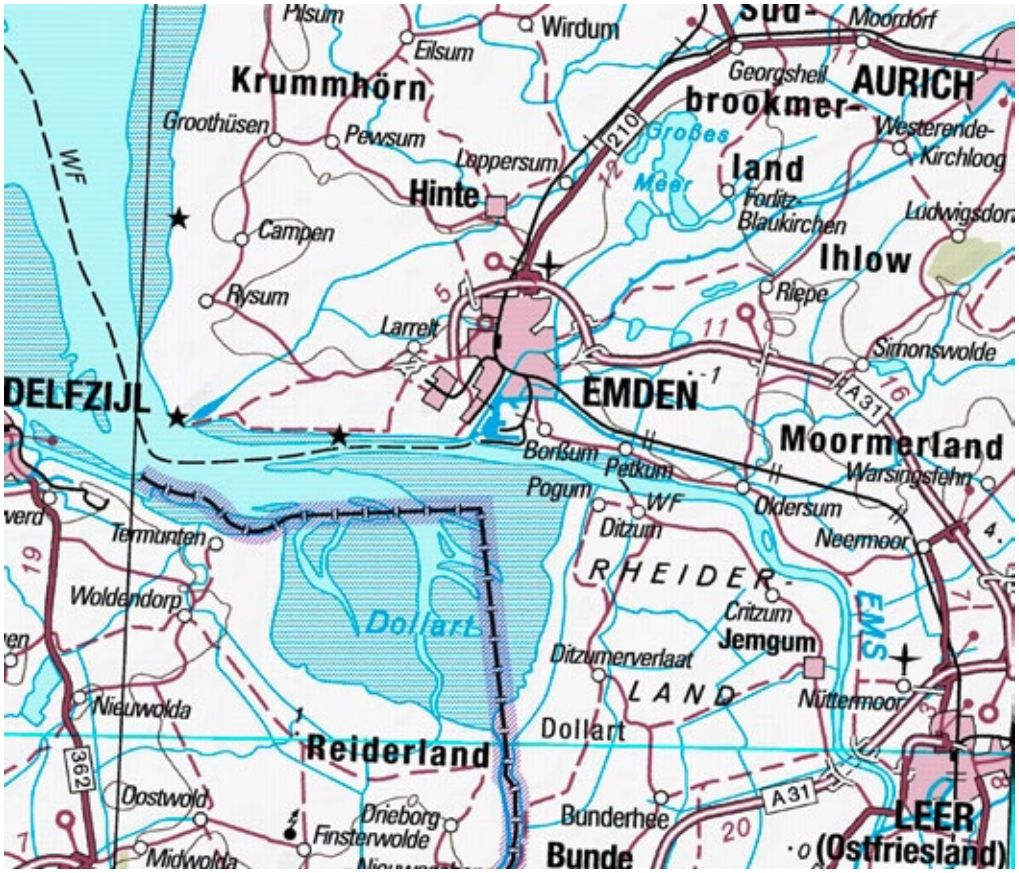


Abb. 2.3.2-1 Serie 1404 - World 1 : 500 000

2.4 Entwicklung von GI-Produkten

2.4.1 TopDeutschland

Auf einer USB-Festplatte werden Topographische Geobasisdaten für das gesamte Bundesgebiet zusammen mit einem leistungsfähigen Viewer (EADS Geogrid®-Viewer) bereitgestellt. Das Produkt TopDeutschland enthält Topographische Karten, Luftbilder und viele weitere Geobasisdaten. Es wird zudem eine deutschlandweite, detailreiche Stadtkarte präsentiert, die von einem privaten kartographischen Verlag lizenziert wurde. In Ergänzung der Online-Dienste des BKG ermöglicht die TopDeutschland insbesondere eine mobile Nutzung der Geobasisdaten, unabhängig von einer Internet-Verbindung (Offline).

Umfangreiche Datenbanken ermöglichen die Suche nach einer Vielzahl geographischer Objekte und deren Darstellung als Overlay über den Kartenwerken. Für die Suche nach Ortsnamen steht eine deutschlandweite Datenbank mit geographischen Namen bereit. Insbesondere erlaubt die TopDeutschland eine überwiegend gebäudegenaue Suche nach Adressen. Hierzu wurde der Datenbestand »Georeferenzierte Adressdaten - Bund« mit ca. 22,5 Mio. Adressen in das Produkt integriert. Darüber hinaus bietet die TopDeutschland auch Suchmöglichkeiten nach Objekten, welche überwiegend aus dem Datenbestand des Digitalen Landschaftsmodells 1 : 250 000 abgeleitet wurden.

Die TopDeutschland erlaubt auch die Erfassung und Präsentation eigener Datenbestände. Objekte können gezeichnet und als Overlays oder in eigenen Datenbanken gespeichert werden.

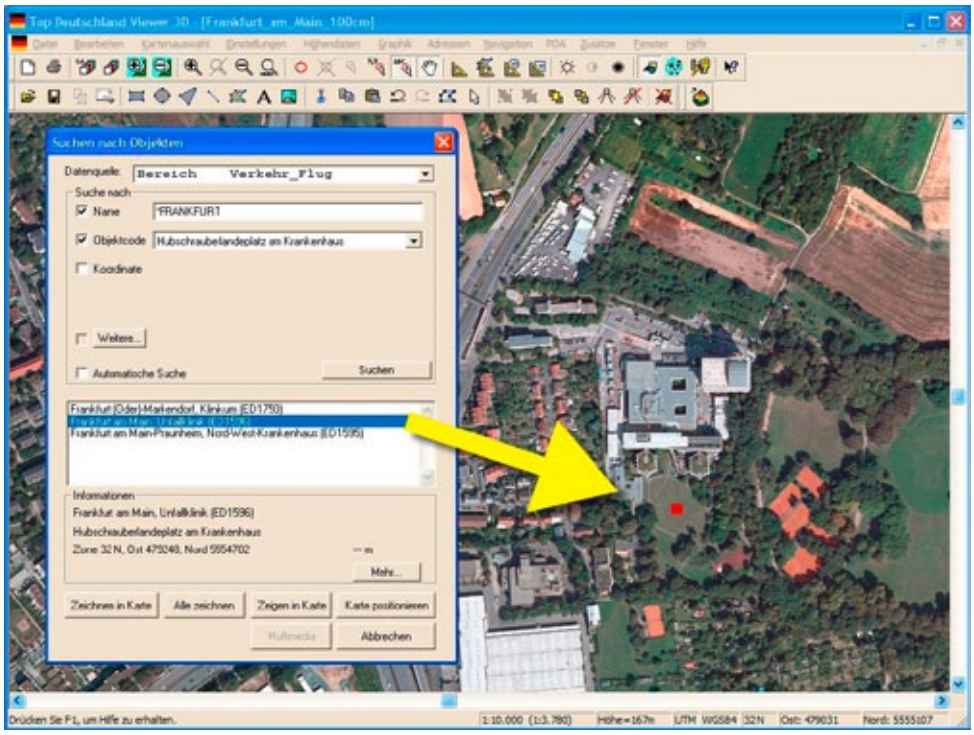


Abb. 2.4.1-1 Suche nach Hubschrauberlandeplätzen an Krankenhäuser

Höheninformationen werden mit dem Digitalen Geländemodell Deutschland mit einer Gitterweite von 25 m bereitgestellt.

2.4.2 Generalisierung von Waldflächen aus dem Basis-DLM für das Digitale Landschaftsmodell 1 : 250 000 (DLM250)

Für die Aktualisierung der Waldflächen des DLM250 wurden die Waldflächen des Basis-DLM automatisch generalisiert. Das Verfahren wurde mit der Software Safe FME durchgeführt. Das Ziel war die Gewinnung von Flächen größer 40 ha, wobei schmale Vorsprünge unter 100 m Länge beseitigt und entsprechende Lücken/Freiflächen im Wald geschlossen werden sollten. Alle Flächen der Objektart 4107 Wald, Forst, wurden zunächst mit einem Dissolve zu größeren Flächen zusammengefasst und mit dem Tool Donutholeextractor mehrfach in Außenflächen und Lichtungen aufgeteilt. Diese Teilflächen wurden jeweils getrennt voneinander generalisiert.

Die Generalisierung erfolgte durch eine iterative Abfolge von Buffer-Methoden und Generalisierungsschritten. Zunächst wurde versucht mit der Abfolge „negativer Buffer > Dissolve > Generalizer > positiver Buffer“ schmale Zungen bzw. Vorsprünge zu beseitigen. Danach erfolgte eine Generalisierung durch die Abfolge „positiver Buffer > Dissolve > negativer Buffer“ um schmale Einbuchtungen bzw. Lichtungen zu schließen. In weiteren Generalisierungsschritten wurden die Flächen mit den Tools Generalizer, Spikeremover, Dissolver und Bufferer vereinfacht. Auf diese Weise entstanden vereinfachte Flächen für die Waldaußenfläche, die Lichtungen, für ‚Wald in einer Lichtung‘ und für Lichtungen in ‚Wald in Lichtung‘. Mit dem AreaBuilder wurden die Teilflächen zu Flächen mit Donutholes zusammengesetzt. Danach wurden die Flächengrößen berechnet und Flächen größer 40 ha selektiert.

Die iterative, mehrfache Abfolge vom Buffern, Generalisieren und Dissolven führte zu deutlich besseren Ergebnissen, als dies ein einziger (oder wenige) Generalisierungsschritt(e) bewirkt hätten.

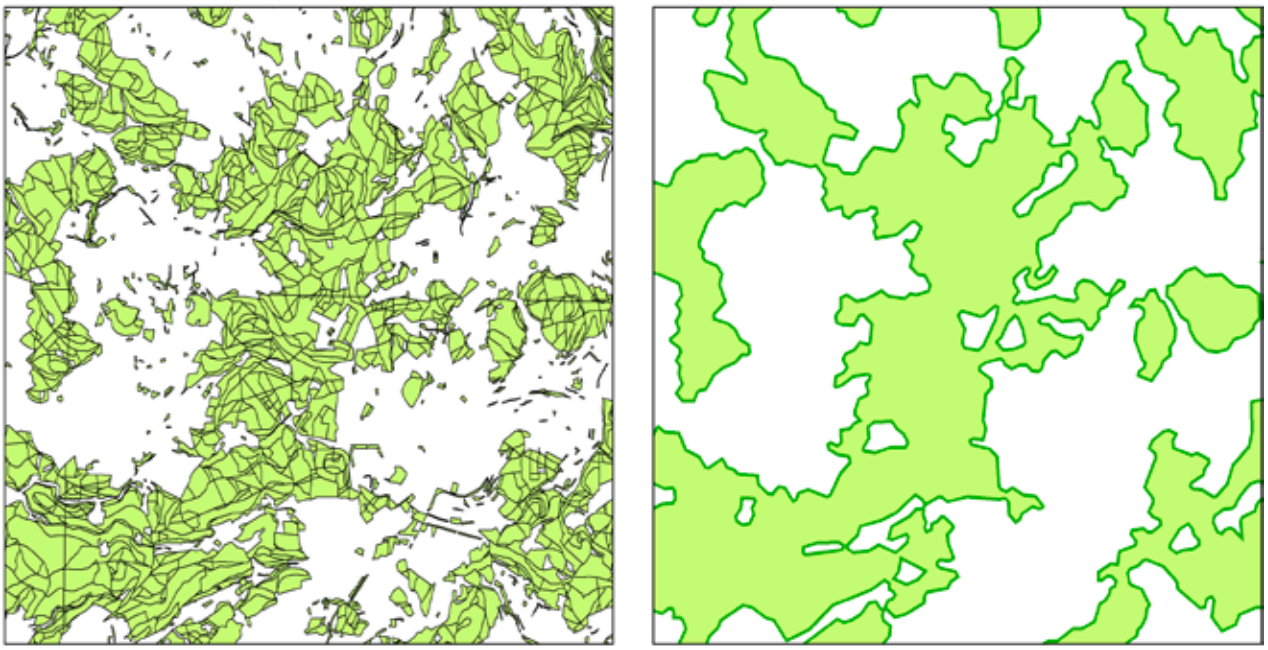


Abb. 2.4.2-1 Waldflächen aus dem Basis-DLM (links) und automatisch generalisiert Flächen für das Digitale Landschaftsmodell 1 : 250 000 (rechts). Maßstab der Abbildung ca. 1 : 150 000

2.4.3 Points of Interest (POI)

Unter dem Begriff “Points of Interest” (POI) versteht man Orte, die für bestimmte Nutzer Bedeutung haben. Im Bereich der Navigation spielt er eine besondere Rolle, denn hier wird der Nutzer zum entsprechenden POI geführt.

POIs können ganz unterschiedlicher Natur sein. Sie können dem Nutzer Anlaufstellen in Notsituationen und staatliche Notfalleinrichtungen aufzeigen (z.B. Ärzte, Polizeistationen, Hilfseinrichtungen, THW- und Feuerwehrstützpunkte). Sie können aber auch auf Sehenswürdigkeiten oder Freizeitangebote hinweisen (z.B. Museen, Kinos, Kinderspielplätze).

Durch Kombination bzw. Hinterlegung mit topographischen Karten kann ein Bezug zur Umwelt hergestellt werden. Somit können anschauliche Präsentationen abgeleitet werden.

Das BKG bietet deutschlandweit die nach-stehenden georeferenzierten “Points of Interest” mit Zusatzinformationen an:

- Krankenhäuser
- Schulen
- Geldautomaten

Die vollständigen Datensatzbeschreibungen können bei Bedarf angefordert werden.

Krankenhäuser

Dieser Datensatz umfasst sowohl Krankenhäuser als auch Vorsorge- bzw. Rehabilitationseinrichtungen. Er wurde aus Verzeichnissen des Statistischen Bundesamtes abgeleitet.

Schulen

Dieser Datensatz umfasst die Schulen, über die - von den jeweiligen Bundesländern - Informationen im Internet zugänglich gemacht wurden.

Geldautomaten

Dieser Datensatz enthält die Standorte von Geldautomaten, über die Informationen im Internet veröffentlicht wurden.

Abb. 2.4.3-1 Darstellung der POIs „Krankenhäuser“, „Schulen“, „Geldautomaten“ auf der Grundlage der TÜK200

2.4.4 Erweiterung des BKG-Viewers um die dritte Dimension

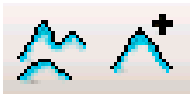
Der BKG-Viewer dient zur Anzeige und Interaktion mit den vom GeoDatenZentrum des BKG über das Internet zur Verfügung gestellten WMS- und WFS-Diensten in einer Desktop-applikation.

Neben den bereits bekannten Funktionen des BKG-Viewers

- Navigation im Kartenausschnitt,
- Überblendung der Digitalen Orthophotos mit der DTK25 bzw. DSK20,
- Streckenmessung,
- Adressrecherche,
- Koordinatensuche und
- Drucken / Exportieren

stehen nun weitere Funktionen zur Verfügung.

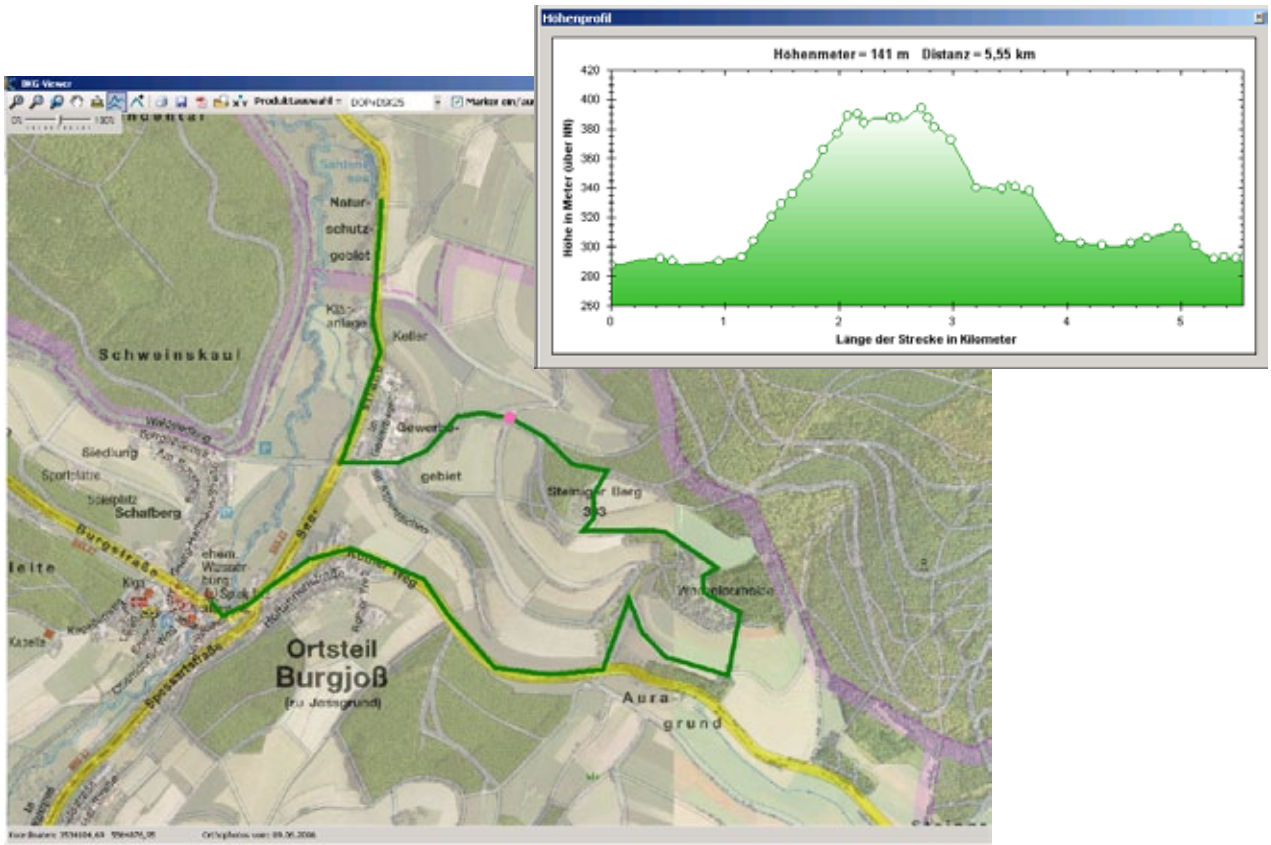
Dabei handelt es sich um die Abfrage von Geländehöhen auf der Basis eines webbasierten Höheninformationsservice des Geodatenzentrums.



Die Funktion „Höhenprofilerzeugung“ ermöglicht das Zeichnen eines Linienzuges und die anschließende Erzeugung eines Höhenprofils für den gezeichneten Linienzug.

Die Funktion „Einzelhöhenauskunft“ ermöglicht die Abfrage einer Geländehöhe für eine bestimmte Position im Kartenbild. Nach erfolgreicher Abfrage öffnet sich ein Informationsfenster mit der Angabe der Geländehöhe.

Abb. 2.4.4-1 Anzeige eines Höhenprofils



2.4.5 Bereitstellung des europaweiten Datensatzes GeoStreet+ in unterschiedlichen Maßstäben

Um die Anforderungen verschiedener Bundeseinrichtungen nach einem europaweiten Datensatz zu erfüllen, wurde der Datensatz GeoStreet+ lizenziert.

Der Datensatz wurde für verschiedene Maßstabsbereiche aufbereitet und steht als Web Map Service (WMS) für Bundeseinrichtungen zur Verfügung.

Das Weiterentwicklungspotential liegt in der Ableitung eines europaweiten Adressdatensatzes und der Bereitstellung eines Adresssuchdienstes entsprechend des bereits etablierten Suchdienstes des Geodatenzentrums.

Abb. 2.4.5-1 Abdeckung und Inhaltsdichte von GeoStreet+

Abb. 2.4.5-2 Beispielausschnitt Amsterdam

Abb. 2.4.5-3 Beispielausschnitt Amsterdam

Abb. 2.4.5-4 Beispielausschnitt Amsterdam

2.5 Supranationale Geoinformationssysteme

Das BKG ist Mitglied der gemeinnützigen Assoziation EuroGeographics, einem Zusammenschluss der europäischen nationalen Einrichtungen, die für Aufgaben der Kartographie und des Katasterwesens verantwortlich sind. Die Zusammenarbeit im Rahmen von EuroGeographics [1] umfasst die Erstellung länderübergreifender Produkte sowie gemeinsame Arbeitsgruppen und Projekte. Ein wichtiges Ziel von EuroGeographics und seiner Mitglieder ist es, den Aufbau einer europäischen Geodateninfrastruktur im Rahmen von INSPIRE durch die Entwicklung gemeinsamer Spezifikationen für raumbezogene Referenzdaten zu unterstützen.

2.5.1 EuroBoundaryMap 1 : 100 000

Im Rahmen von EuroGeographics ist das BKG als Projektkoordinator für das Produkt EuroBoundaryMap (EBM) verantwortlich, insbesondere für das Produktmanagement hinsichtlich der inzwischen jährlichen Fortführung und der Weiterentwicklung des Produktes unter Berücksichtigung aktueller Nutzeranforderungen. Dabei wird auf die Qualitätssicherung sowie auf die fachliche Unterstützung bei der Bereitstellung der nationalen Daten entsprechend der am BKG entwickelten Produktspezifikation besonderer Wert gelegt.

Abb. 2.5.1-1 EBM v5.0 (Fortführungsstand 1.1.2010)

EBM enthält die Verwaltungseinheiten aller nationalen Verwaltungsebenen Europas mit Namen, eineindeutigen Schlüsselzahlen sowie einen Bezug zu den Klassifikationen NUTS (Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques) und LAU (Local Administrative Unit) von Eurostat, dem statistischen Amt der Europäischen Union mit Sitz in Luxemburg. Damit ist für EBM die Interoperabilität zu statistischen Informationen, die auf der Basis dieser Klassifikation erhoben worden sind, gewährleistet.

Im Berichtszeitraum wurde vom BKG, auf der Grundlage des im Dezember 2009 um ein weiteres Jahr verlängerten Vertrages zur Lieferung einer europaweiten geographischen Datenbank zu den Verwaltungsregionen und statistischen Gebietseinheiten zwischen EuroGeographics und Eurostat, die per Fortführungsstand 1.1.2010 aktualisierte Version fertig gestellt.

Abb. 2.5.1-2 EBM v5.0 (Ausschnitt mit LAU2-/NUTS3-Regionen)

Diese vom BKG an Eurostat gelieferten aktualisierten Referenzdaten werden in die GISCO-Datenbank der Europäischen Kommission übernommen und auch für die Bereitstellung weiterer Geodaten verwendet (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco/geodata/reference).

Zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Fortführung sowie Erweiterung dieser europa-

1 www.eurogeographics.org

weiten Datenbank der Verwaltungsregionen und statistischen Gebietseinheiten veröffentlichte Eurostat im August 2010 eine Ausschreibung, an der sich EuroGeographics erneut erfolgreich beteiligte. Damit hat das BKG im Rahmen von EuroGeographics weiterhin den Auftrag, EBM in den nächsten vier Jahren weiterzuentwickeln und fortzuführen, d.h. auch im kommenden Jahr eine neue Version, basierend auf den nationalen Daten per Fortführungsstand 1.1.2011 sowie unter besonderer Berücksichtigung aktueller Anforderungen von Eurostat, bereitzustellen.

Neben der Entwicklung neuer Prüfroutinen zur Qualitätssicherung sowie der Aktualisierung von Metadaten und Webseiten werden vom BKG vor allem Untersuchungen zur weiteren Vervollkommnung dieser europaweiten Referenzdatenbank der Verwaltungsregionen im Hinblick auf Kundenwünsche sowie die zukünftige Implementierung von ESDIN (siehe 2.5.4) und INSPIRE durchgeführt.

2.5.2 EuroRegionalMap 1 : 250 000 und EuroGlobalMap 1 : 1 000 000

EuroRegionalMap (ERM) und EuroGlobalMap (EGM) sind europaweite, multifunktionale, topographische Referenzdatensätze, die im Rahmen von EuroGeographics vom Institut Géographique National (IGN) in Belgien (ERM) sowie vom National Land Survey (NLS) in Finnland (EGM) als Projektkoordinator betreut werden.

Die Projekte zum Aufbau dieser Datensätze laufen seit den Jahren 2000 bzw. 2001. Seit 2004 liegen die ersten Produktversionen vor. Wie bei EuroBoundaryMap (EBM) werden die Daten entsprechend einer einheitlichen Spezifikation erfasst und sind über Ländergrenzen hinweg harmonisiert. Ihre Verwendungsmöglichkeiten umfassen raumbezogene Analysen, Netzwerkanalysen und Visualisierung. Sie dienen außerdem als topographische Basis von georeferenzierten geographischen Informationen aller Art. Großer Wert wurde auf die geometrische und topologische Konsistenz zwischen den thematischen Layern gelegt.

Experten des BKG sind neben der Bereitstellung der jeweiligen nationalen Beiträge für diese EuroGeographics Produkte sehr aktiv in den technischen Teams dieser Projekte eingebunden, die intensiv an einer nachhaltigen Pflege und technologischen Weiterentwicklung der Produkte arbeiten, im besonderen Maße das Projekt EuroRegionalMap betreffend.

Der Vertrag zwischen Eurostat und EuroGeographics zur Bereitstellung europaweiter topographischer Referenzdaten im Maßstab 1 : 250 000 wurde im Dezember 2009 um ein weiteres Jahr verlängert.

Für den Zeitraum 2009/2010 wurde mit Eurostat eine Aktualisierung des ERM-Datensatzes in zwei Schritten vereinbart. Im Jahr 2009 lag der Schwerpunkt in den Bereichen Administrative Grenzen, Verkehr und Siedlungen. Der überarbeitete Datensatz wurde im April 2010 fertiggestellt und an Eurostat ausgeliefert. Im Berichtszeitraum konzentrierte sich die Bearbeitung auf das Thema Hydrographie. Dabei stand die bessere Harmonisierung und Vernetzung des Gewässernetzes in Europa im Vordergrund. Desweiteren enthält diese zweite Teilaktualisierung eine zusätzliche europäische Straßenklassifizierung für Visualisierungszwecke. Dieser Datensatz wurde in Dezember 2010 an Eurostat geliefert. Beide Versionen sollen Anfang 2011 als neue Ausgabe von EuroRegionalMap erscheinen.

2.5.3 Europäische Infrastruktur für Geographische Namendaten – EuroGeoNames (EGN)

Seit 2009 führen EuroGeographics und das BKG die in Zusammenarbeit mit den europäischen Landesvermessungseinrichtungen aufgebaute Web-Dienste-Infrastruktur für amtliche geographische Namendaten in Europa als Projekt „EuroGeoNames“ weiter. Das BKG agiert als „Service Center“ und übernimmt in dieser Funktion die Pflege der Software-Komponenten. Des Weiteren bietet das BKG den nationalen Vermessungsstellen weiterhin technische Unterstützung an und ist auch für Pilotkunden technischer Ansprechpartner.

Das oberste Ziel 2011 ist eine EU27-Abdeckung. Daneben wird ein Geschäftsmodell für die Nachhaltigkeit vorbereitet, Fördermöglichkeiten werden eruiert und es wurde bereits eine Testplattform für Pilotkunden eingerichtet.

Der Endnutzer hat heute schon die Möglichkeit, entweder über die Gazetteer-Dienst-Schnittstelle (Web Feature Service - WFS)[2] direkt Information abzufragen oder über spezielle Web-Anwendungen (z.B. über die „Referenzanwendung“:[3], oder über die EGN ArcGIS-Erweiterung:[4]. Andere von privaten Anbietern entwickelte Anwendungen werden erwartet und sollen unterstützt werden.

Allgemeine Informationen zum Projekt EuroGeoNames sind zu finden unter: www.eurogeonames.com.

2.5.4 ESDIN

ESDIN (European Spatial Data Infrastructure Network) ist ein von der Europäischen Union (EU) im Rahmen ihres eContent*plus*-Programms gefördertes Projekt. Es wurde im September 2008 gestartet und hat eine Laufzeit von 30 Monaten. Ziel des Projekts ist es, die Zusammenführung der nationalen topographischen Referenzdaten zu europäischen Datensätzen effektiver zu handhaben und den Zugang zu diesen europaweiten Geodaten mittels web-basierter Dienste zu vereinfachen. Das ESDIN-Konsortium besteht aus elf nationalen Einrichtungen der Landesvermessung, vier kommerziellen Partnern sowie fünf Partnern aus dem akademischen Sektor. Das Projektmanagement obliegt dem EuroGeographics Head Office. Das BKG bringt sein Know-how in viele der insgesamt zwölf Teilprojekte ein. Zudem leitet das BKG das Teilprojekt „ExM Data Specification (medium/small scale)“, beteiligt sich als Datenlieferant, beim Testen der Spezifikationen und bei der Implementierung web-basierter Zugangsdienste.

Ausgehend von den Datenspezifikationen für die Themen des INSPIRE Annex I sowie für die bestehenden EuroGeographics-Produkte EBM, ERM und EGM wurde eine einheitliche Spezifikation für Geodaten unterschiedlicher Auflösung entwickelt. Diese ist die Grundlage sowohl für die Transformationsspezifikation als auch die Transformation der bestehenden EuroGeographics-Produkte in das neue INSPIRE-konforme Datenmodell. Die Entwicklung web-basierter Zugangsdienste für diese Daten soll bis zum Ende der Projektlaufzeit im Februar 2011 abgeschlossen sein.

Weitere Arbeitsschwerpunkte im Berichtszeitraum waren die Entwicklung eines Qualitätsmodells für Referenzdaten sowie von Richtlinien für die Metadaten. Um die nationalen Beiträge zu den europaweiten Datensätzen kosteneffizienter zu prüfen, wurde ein web-basiertes semi-automatisches Evaluierungssystem entwickelt. Des Weiteren wurden Randanpassungs-Prinzipien und Generalisierungsregeln erarbeitet. Diese sollen es zukünftig ermöglichen, die nationalen Beiträge an den Grenzen effektiver zusammenzuführen sowie einen kleinmaßstäbigen Referenzdatensatz aus Daten höherer Auflösung weitgehend automatisch abzuleiten.

Eindeutige Identifikatoren für räumliche Objekte sind für die Integration von Referenzdaten mit thematischen Daten von besonderer Bedeutung. ESDIN beschreibt, wie europäische Identifikatoren auf der Basis nationaler Identifikatoren erstellt werden können.

2 www.eurogeonames.com:8080/gateway/gateto/anonymous-public
3 http://www.eurogeonames.com/RefAppl/
4 http://arcscripts.esri.com/

2.6 Photogrammetrisch-fernerkundliche Informationsgewinnung

2.6.1 DLM-DE2009 LC

Beim Digitalen Landschaftsmodell für die Aufgaben und Zwecke des Bundes DLM-DE2009 konnte die Phase der Datenlieferung der Landbedeckungskomponente (Land Cover – LC) für das Referenzjahr 2009 wie geplant Ende des Jahres 2010 abgeschlossen werden.

Das DLM-DE basiert auf den Landschaftsmodellen der topographischen Landesaufnahme (ATKIS DLMe), die um zusätzliche Informationen für die Anforderungen des Bundes ergänzt werden. Ein erstes Anwendungsbeispiel ist die Ableitung von Landbedeckungsinformationen aus dem DLM-DE, welche die Datenerhebungen der Europäischen Union unterstützt, wie z.B. CORINE Land Cover (CLC). Das DLM-DE dient weiterhin der Interoperabilität von Geobasis- und Geofachdaten, wobei anwendungsspezifische Attribute den ATKIS-Objekten zugeordnet werden. Sobald die Arbeiten an den Daten des DLM-DE2009 abgeschlossen sein werden (geplant bis Frühjahr 2011), sollen diese zurück an die Landesvermessungsämter fließen, um eine Integration der Aktualisierungsergebnisse des DLM-DE in die laufend fortgeführten Bestände des ATKIS zu ermöglichen.

Nach den seitens der EU bereits durchgeführten Erhebungen bzw. Fortführungen von CLC für die Bezugsjahre 1990, 2000 und 2006 ist von der Europäischen Umweltagentur (EEA) für das Jahr 2012 eine erneute Aktualisierung des paneuropäischen Landbedeckungsdatensatzes CLC angesetzt worden. Bisher wurden in Deutschland die CLC-Aktualisierungen unabhängig von den nationalen topographischen Datenbeständen durchgeführt. Für das festgelegte Referenzjahr 2012 soll nun darauf hingearbeitet werden, den deutschen Beitrag zu CORINE Land Cover aus dem DLM-DE2012 ableiten zu können. Dies kann erreicht werden, indem die Geometrien des hochauflösenden DLM-DE auf die Mindestkartierfläche für CLC – derzeit 25 ha – generalisiert werden. Im Vergleich zur bisherigen Verfahrensweise bei der Produktion von CLC-Daten würde der DLM-DE-Ansatz einen Methodenwechsel darstellen. Als Hauptinformationsquelle würde – wie auch sonst bei CLC-Aktualisierungen und beim DLM-DE2009 - Satellitenbildmaterial herangezogen werden.

Durch die nun verfügbare Ausgangsbasis des DLM-DE2009 ist bei der Aktualisierung im Jahre 2012 mit einem geringeren Arbeits- und Kostenaufwand zu rechnen.

Derartige „bottom-up“ Verfahren, d.h. Ableitung von europäischen Daten aus nationalen Datenbeständen, werden auf ähnliche Art und Weise auch in einigen anderen europäischen Staaten verfolgt.

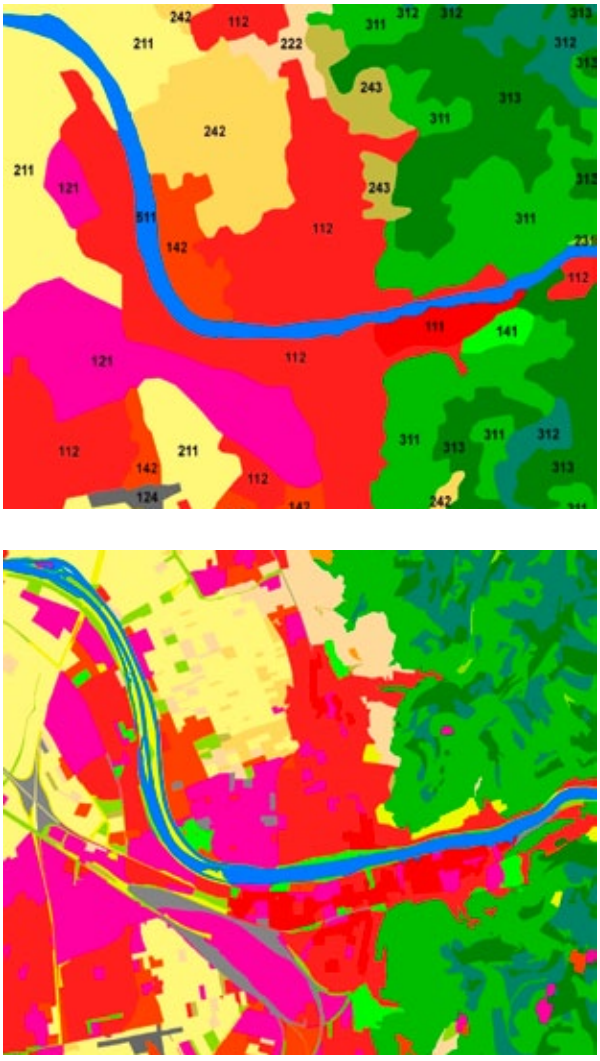


Abb. 2.6.1-1 Heidelberg an der Bergstraße. Gegenüberstellung von CLC 2006 (li.: MKF = 25 ha) und DLM-DE2009 (re.: MKF = 1 ha) nach dem Aktualisierungsprozess. Darstellung nach der Legende von CORINE LC. Das DLM-DE gibt eine deutlich detailliertere Abbildung der Landbedeckung wieder.

2.6.2 Digitale Geländemodelle

Das digitale, bundesweite Geländemodell, welches aktuell in den Auflösungen 25 m und 50 m zur Verfügung steht, wird auf der Grundlage der Datenaktualisierungen der Länder durch das BKG laufend fortgeführt und stetig verbessert. Die Höhengenauigkeit ist regional unterschiedlich und reicht von etwa 30 cm bis etwa 2,5 m. Sichtbar für den Nutzer wird dies zukünftig in Form von detaillierten Metainformationen, also der Höhengenauigkeit, der Erfassungsmethode und der Aktualität. Diese Informationen werden von den Ländern in standardisierter Form zusätzlich abgegeben und vom BKG zusätzlich zur aktualisierten DGM-Version ausgeliefert.

Um die Lieferungen der Länder zu vereinheitlichen und terminlich aufeinander abzustimmen, erarbeitete die AdV ein technisches Regelwerk für den Datenaustausch der DGM-Daten und deren Metadaten. Da eine jährliche Lieferung aktualisierter DGM-Daten für die Fortführung des DGM-D vorgesehen ist, werden die Änderungen in den DGM-Daten der Länder in Zukunft effizienter und schneller in die unterschiedlichen Versionen des deutschlandweiten Geländemodells einfließen.

Die Angleichung der DGM-Daten an den Ländergrenzen und die Erzeugung einer einheitlichen Gitterweite waren bisher die Hauptaufgaben des BKG bei der Erstellung und Fortführung des bundesweiten DGM. Trotz der vereinbarten Lieferung einer einheitlichen Grundgitterweite sind die bisherigen Arbeitsschritte des BKG notwendig, da zurzeit die Umstellung auf ETRS-basierte Koordinaten erfolgt und noch nicht alle Länder im neuen System liefern konnten.

Die beschriebenen und beschlossenen Maßnahmen stellen somit die Aktualität und Qualität des bundesweiten DGM sowie der erstmals verfügbaren DGM-Metadaten zukünftig sicher.

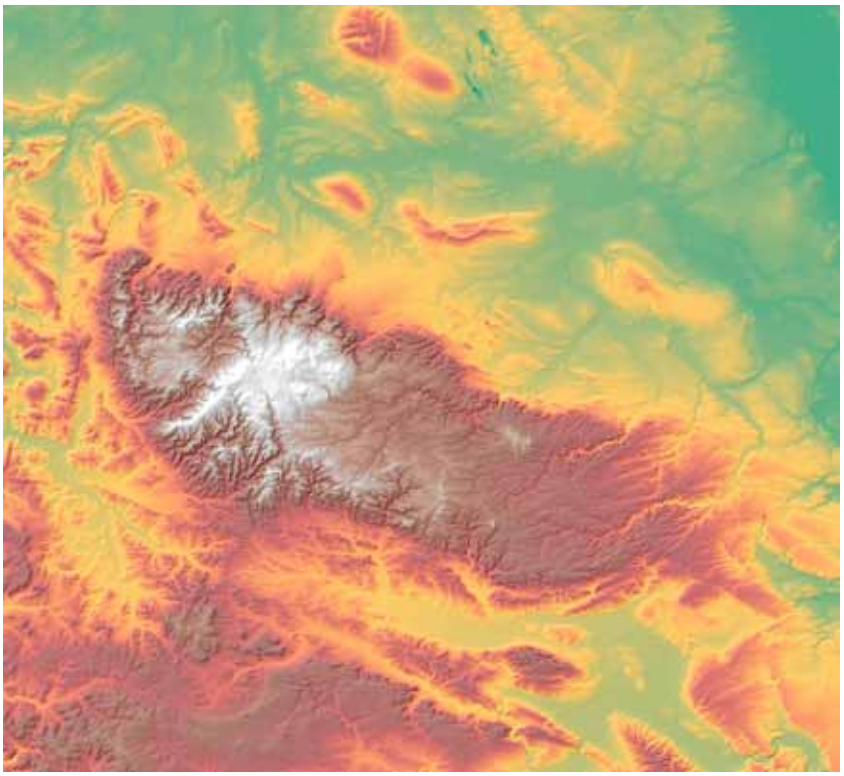


Abb. 2.6.2 - 1 Farbcodierte Darstellung des digitalen Geländemodells des Mittelgebirges Harz

2.6.3 EuroDEM

EuroDEM ist ein paneuropäisches Geländemodell mittlerer Auflösung im Maßstabsbereich 1 : 50 000 bis 1 : 100 000 und wird von EuroGeographics zur Verfügung gestellt. Der Datensatz beschreibt die Höhe der Erdoberfläche des EU27-Gebietes sowie weiterer angrenzender Länder.

Das Digitale Geländemodell EuroDEM bietet eine Höhengenauigkeit von acht bis zehn Metern sowie eine Gitterweite von zwei Bogensekunden. EuroDEM ergänzt als dreidimensionales Modell der Erdoberfläche vortrefflich die bisherigen zweidimensionalen Produkte von EuroGeographics.

Die nationalen Höhendatenbestände der Kartographiebehörden der europäischen Staaten wurden unter dem Projektmanagement des BKG zu einem harmonisierten Datensatz zusammengestellt. Hierbei wurden die Unstimmigkeiten an den Ländergrenzen eliminiert und Lücken im Modell mit frei verfügbaren SRTM-Daten (Daten der **S**huttle **R**adar **T**opography **M**ission) gefüllt.

Abb. 2.6.3-1 Ausdehnung von EuroDEM, die zusammengefügten nationalen Datensätze sind in oranger Farbe dargestellt, die Auffülungen mit SRTM-Daten in grau

3 Arbeiten der Abteilung Geodäsie

Die Geodäsie vermisst die Form und Größe der Erde sowie ihre Veränderungen und bestimmt daraus ein räumliches Bezugssystem (Koordinatensystem). Die rasante Entwicklung der Satellitentechnologie ermöglicht es, die globalen Aufgaben der Geodäsie in einer internationalen Kooperation zu lösen. Eine herausragende Rolle nimmt dabei das Geodätische Observatorium des BKG in Wettzell, Bayerischer Wald, ein. Dort stehen alle modernen geodätischen Beobachtungstechniken zur Verfügung.

3.1. Grundsatzangelegenheiten, Globale Referenzsysteme

Die Produkte des Referates „Grundsatzangelegenheiten, Globale Referenzsysteme“ unterstützen die internationalen Dienste der International Association of Geodesy (IAG), die die Erstellung globaler geodätischer Bezugssysteme gewährleisten.

Das Zentralbüro des International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) mit seinen vielfältigen Aufgaben ist ein Schwerpunkt des Referats. Weiterhin fungiert es als Daten- und Analysezentrum des International VLBI Service (IVS) (VLBI - Very Long Baseline Interferometry) und als Analysezentrum des International Laser Ranging Service (ILRS). Die Beobachtungsstationen und Auswertezentren des BKG sind Bestandteil der globalen Aktivitäten zur Erschließung der Raumverfahren für die geodätische Nutzung.

Für die Positionierung und Navigation ermöglichen die Satellitenverfahren die Integration der nationalen Referenzsysteme in die präzisen weltumspannenden geodätischen Bezugssysteme.

3.1.1 International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS)

Der International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) stellt die astronomischen und globalen terrestrischen Referenzsysteme, die Daten über das Rotationsverhalten der Erde sowie ausgewählte Daten der Produktzentren „Global Geophysical Fluids“ und Konventionen bereit. Seit dem 1. Januar 2001 ist das Zentralbüro des IERS am BKG angesiedelt.

Das Zentralbüro organisierte und dokumentierte zwei Sitzungen des IERS-Vorstands (Directing Board) im Mai 2010 in Wien und im Oktober 2010 in Paris. Zwischen den Sitzungen führte das Zentralbüro die laufenden Geschäfte des IERS und des Vorstands.

Der Jahresbericht 2007 des IERS, herausgegeben vom Zentralbüro, sowie die IERS Technical Note No. 35 „The Second Realization of the International Celestial Reference Frame by Very Long Baseline Interferometry“ wurden gedruckt und an Bibliotheken und andere Abonnenten versandt. Für die Erstellung der IERS Technical Note No. 36 „IERS Conventions (2010)“ wurde technische Unterstützung geleistet; diese wurde in elektronischer Form auf den Webseiten des IERS veröffentlicht. Es wurde begonnen, den Jahresbericht 2008–2009 aus den Beiträgen des Zentralbüros und von weiteren Komponenten des IERS zusammenzustellen und zu editieren.

Die Digitalisierung der zwischen 1989 bis 2000 erschienenen IERS Technical Notes 1 bis 28 wurde abgeschlossen. Diese Schriften sind nun als PDF-Dateien auf den IERS-Webseiten verfügbar. Den Scans wurde der Text hinterlegt, so dass auch eine Volltextrecherche über die Publikationen möglich ist.

Im Berichtszeitraum wurden 26 Ausgaben der „IERS Messages“ veröffentlicht (Nr. 154 – 179), die aktuelle Informationen über neue Publikationen, Tagungseinladungen u.a. enthielten. Auch durch die ständige Erweiterung der Webseiten des IERS und deren Aktualisierung wurde das Informationsangebot wesentlich verbessert. Die zentrale Sammlung und Bereitstellung der Produkte des IERS wurden fortgeführt.

Für die Organisation der Tätigkeit des IERS und zur Verwaltung der Abonnements der verschiedenen IERS-Publikationen unterhält das Zentralbüro eine Mitarbeiter- und Nutzer-Datenbank mit etwa 3 000 Einträgen, die laufend ergänzt und aktualisiert wurde. Zusammen mit der Herstellerfirma wurde ein Konzept entwi-

ckelt, diese Datenbank in ein anderes System zu überführen, um ihre Pflege und Nutzung zu vereinfachen und zu automatisieren.

Im Jahr 2010 wurden besonders zahlreiche Anfragen von Nutzern, Interessenten und Journalisten beantwortet. Der Hörfunk des WDR und des HR sendete zwei Interviews mit einem Mitarbeiter des Zentralbüros, zahlreiche Zeitungen berichteten über die Tätigkeit des IERS und die Beiträge des BKG.

Zu den Tätigkeiten des IERS Zentralbüros gehört der Betrieb eines Daten- und Informationssystems (IERS DIS)[1] – ein modernes Datenmanagementsystem, welches dem Nutzer standardisierte Daten sowie Anwendungen zur Veranschaulichung und zur Analyse bereitstellt.

Die Hauptaufgaben und –arbeiten im Jahr 2010 des IERS DIS waren:

Datenmanagementsystem

- Datenakquisition von Services und Institutionen innerhalb des IERS.
- Aufbereitung der Daten in einheitliche Formate und Erstellung von ISO 19115- konformen Metadateninformationen.
- Integration neuer Datenquellen.

Internetportal

- Zugang zu Informationen über den IERS, die beteiligten Services und Daten.
- Darstellung von Datenzeitreihen über Visualisierungswerkzeuge.
- Ausweitung und Aktualisierung des Datenangebots, z.B. Beginn der Umsetzung der neuen Struktur des GGFC (Global Geophysical Fluid Center)

Das aktuelle DIS ist bereits seit Januar 2006 im operationellen Betrieb. Während der vergangenen fünf Jahre wurde das System regelmäßig ergänzt, um die Anforderungen in gewohnter Qualität zu erfüllen. Im Jahr 2010 schließlich wurden die Aufgaben des Systems und die umsetzenden Techniken eingehend analysiert. Im Mittelpunkt standen dabei die Handhabung des Systems, die Flexibilität und Erweiterbarkeit für neue Produkte, die Sicherheit und die Ausrichtung auf zukünftige Anforderungen. Ziel der Analyse ist es, das DIS zu optimieren und zu ökonomisieren. Um diese Funktionen des IERS DIS optimal zu erfüllen, wurde ein Konzept zur Neugestaltung des DIS erarbeitet.

Dabei wird auch im Hinblick auf die Datensicherheit eine komplette Entkopplung von frei verfügbaren Daten und personenbezogenen Daten (Namen, Adressen etc.) angestrebt.

ERIS

Seit Mitte Juni 2006 wird das Projekt ERIS (Earth Rotation Information System) im BKG bearbeitet. ERIS ist eingebunden in die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Forschergruppe „Erdrotation und globale dynamische Prozesse“. ERIS dient als Entwicklungs- und Erprobungsplattform neuer Werkzeuge für den interaktiven Datenzugriff über das Internet sowie als Informationsportal. Des Weiteren wird es als interne Austauschplattform innerhalb der Forschergruppe genutzt.

Das Ziel des Projektes ERIS ist die Entwicklung eines Portals, welches Daten, Modelle, wissenschaftliche Informationen und Verfahren unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes integriert. Es richtet sich sowohl an Experten als auch an interessierte Laien.

Das Internetportal www.erdrotation.de wurde ständig weiter ausgebaut und ergänzt. Hier werden neben dem eigentlichen Informationsportal die Aktivitäten der Forschergruppe vorgestellt sowie interne Seiten für den Daten- und Informationsaustausch bereitgestellt.

Im Jahr 2010 lag der Fokus in der Erweiterung und Erstellung von Werkzeugen zur Visualisierung und Bearbeitung von Zeitreihen. Das im vorangegangenen Zeitraum entwickelte Datenanalysetool wurde verbessert und ergänzt. Hier werden Analyseverfahren wie Spektralanalysen, verschiedene Filter und Approximationen bereitgestellt, die sowohl auf vorhandene und implementierte Zeitreihen als auch auf nutzereigene Daten angewandt werden können. Das Zusammenwirken und die In-

1 www.iers.org

teraktion zwischen den einzelnen Verfahren wurden hierbei deutlich verbessert. Als Ausgabe werden die Ergebnisse in standardisierten Datenformaten und als Graphik angeboten. Hier wurde das Analysetool u.a. dahingehend erweitert, dass alle Zwischenschritte sowie die Ergebnisse im XML-Format exportiert werden können. Weiterhin wurde es mit dem im BKG seit längerer Zeit vorhandenen „IERS-Plottool“ verknüpft, das eine erweiterte Möglichkeit zur graphischen Darstellung bietet. Der Zugang zu diesem Tool, Hinweise zur Anwendung sowie ein Benutzerhandbuch sind auf dem ERIS-Portal unter www.erdrotation.de/ida zu finden.

Als weitere Anwendung fand die Entwicklung eines Simulationstools statt. Hier können verschiedene Modelldaten zur Erdrotation miteinander kombiniert, bearbeitet und mit gemessenen Erdrotationsparametern verglichen werden. Derzeit sind ausgewählte Modelle für die Antriebsfunktionen von Atmosphäre, Ozean und Hydrologie eingebunden. Für diese Anwendung konnten die bereits vorhandenen und getesteten Verfahren, Funktionalitäten und Strukturen des Datenanalysetools weiterverwendet werden, was eine Vereinfachung der Administration bedeutet. Das Simulationstool wird zurzeit abschließend getestet und nachfolgend, wie das Datenanalysetool, auf dem ERIS-Portal zusammen mit Handbuch und Hinweisen verfügbar sein.

Neben diesen Werkzeugen wurde in enger Zusammenarbeit mit dem IERS an der Ausweitung des Datenangebotes gearbeitet. Dies umfasste die Erstellung von Schemata zur Bereitstellung von standardisierten Datenformaten für die Geophysical Fluids sowie ebenfalls standardisierte Metadatenformate. Insbesondere zog die Umstrukturierung des GGFC (Global Geophysical Fluid Center) Anpassungen in der Datenbank- und Dateistruktur nach sich.

GGOS Portal

GGOS (Global Geodetic Observing System) ist ein Projekt der International Association of Geodesy (IAG) und der Beitrag der Geodäsie zum Monitoring des Systems Erde. Die Intension des zugehörigen Internet-Portals ist eine zentralisierte und standardisierte Plattform zum Austausch von Daten, Produkten und Modellen unterschiedlicher geowissenschaftlicher Disziplinen zwischen wissenschaftlichen und forschenden Einrichtungen. Das GGOS-Portal[2] wird seit Frühjahr 2009 im BKG aufgebaut und implementiert (s. Abb. 3.1.1-1).

Im Jahr 2010 lag das Hauptaugenmerk darauf, den Internetauftritt des Portals zu überarbeiten und so das Gerüst für zukünftige Informationen und Daten zu schaffen sowie die Infrastruktur zum Datenaustausch aufzubauen. Das Portal gliedert sich in unterschiedliche geodätische und geowissenschaftliche Bereiche, für deren Inhalte die IAG Services und GGOS Komponenten verantwortlich sind.

Zu den Funktionalitäten des GGOS Portals zählen Geodatenviewer und Metadatensuche, sowie Anwendungen zur Visualisierung, Analyse

Abb. 3.1.1-1 Aktueller Internetauftritt des GGOS Portals

2 http://observing-systemportal.bkg.bund.de

und Kombination von Geodaten. Hier erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit dem Zentralbüro des IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service).

Abb. 3.1.1-2 GeoNetwork innerhalb des GGOS-Portals

Um die Standardisierung der Metadaten zu gewährleisten, wird für die Metadatenerfas-sung das Opensource-Programm GeoNetwork verwendet (s. Abb. 3.1.1-2). Diese Anwendung verwendet als Datenformat XML und umfasst die Metadatensuche, einen Metadateneditor sowie Möglichkeiten zur Kartendarstellung. Der GGOS - Metadatenkatalog kann sowohl an andere Kataloge angebunden werden, als auch selbst Metadaten aus fremden Katalogen beziehen.

Der Metadateneditor erlaubt die ISO-konforme Eingabe und Verwaltung der Metainformationen zu den im Portal bereitgehaltenen Daten und garantiert eine Interoperabilität zu anderen Portalen, wie z.B. das von der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) betriebene Portal zur Realisierung des Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). Die Möglichkeit von skriptgesteuerten Abläufen erlaubt eine Automatisierung des Metadatenimports sowie Transformationen zwischen verschiedenen Standards (XML-Schemata).

In der Abteilung GI des BKG wird derzeit an der Umsetzung eines Metadatenmanagements für die Konsolidierung und Bereitstellung von Metadaten innerhalb des „Geodatenkatalog-DE“[3] gearbeitet, für den ebenfalls GeoNetwork als Systemsoftware ausgewählt wurde. So wird eine technische Basis geschaffen, die beide Portale bedienen kann, was sowohl die Wartung als auch die Zusammenarbeit wesentlich erleichtert.

3.1.2 International Laser Ranging Service (ILRS)

Die täglichen und wöchentlichen Analysen der Satellite Laser Ranging (SLR) Beobachtungen für den International Laser Ranging Service (ILRS), die mittels der SLR Version der Berner Software (SLR-BSW) am BKG gerechnet werden, sind nach bestandenem Benchmark-Test seit dem 1. Juli 2010 die offiziellen Lösungen des BKG / Code Analyse Zentrums an den ILRS.

Für die Umstellung von Utopia-Lösungen auf SLR - Analysen mittels der SLR-BSW waren notwendig: Software-Entwicklungsarbeiten und Einarbeitung der ILRS Datenkorrekturfiles, die Übernahme des Zugangs-Schlüssels für das AIUB System zur Versionsverwaltung von SW Projekten (CVS) auf den eigenen BKG - Rechner, das Testen der neuesten BSW-Version am BKG und die Berechnungen der Lösungen für den Benchmark Test (durch BKG, Referenz-Lösung durch AIUB). Für den Benchmark Test ist im ersten Schritt ein Datensatz über vier Wochen nach strengen ILRS Vorgaben auszuwerten. Dies bedeutet: kein Datenscreening, nur Satellit Lageos1, Beobachtungswochen 991010 bis 991107, Abgabe der Ergebnisse im SINEX Format, inklusive Orbitparameter, Residuen und spezielle Korrekturterme (Troposphäre, relativistische Effekte, Center of Mass-Offset).

Anschließend wurde als zweiter Schritt der Monat Juni 2010 als Testmonat durch den ILRS

3 http://geoportal.bkg.bund.de

vorgegeben, um die dauerhafte Qualität der täglichen und wöchentlichen Lösungen sowie die Lieferbeständigkeit des BKG-ILRS Analysezentrums mit der SLR-BSW zu testen. Dieses Benchmark Scenario war im WEEKLY-Modus (mit Datenscreening) durchzuführen mit den Satelliten Lageos1 und Lageos2 für die Wochen 100306 bis 100327, der Abgabe von SINEX und Orbit Parametern.

Zusätzlich werden am BKG ILRS AC laufend Programme entwickelt, die der Automatisierung von Prozessen, der Datenhaltung und der statistischen und grafischen Auswertung der Beobachtungen / Residuen etc. dienen. Der Transfer der SLR Beobachtungen vom Datenzentrum (CDDIS) an das interne BKG-Datenzentrum wird durch das Zentralbüro des Internationalen Erdrotationsdienstes (IERS) durchgeführt.

Eine Kontrollmöglichkeit der wöchentlichen Analyse-Ergebnisse einer jeden prozessierten Station erlaubt die grafische Darstellung ihrer Beobachtungsresiduen nach dem Daten-Screening unter bestimmten Auswahlkriterien. Am Beispiel der Station „Concepcion“, WEEK 101113, werden für die beobachteten LAGEOS Satelliten die Residuen, der Bereich der akzeptierten Beobachtungen (grau) sowie deren linearer Trend (blau) mit seinem RMS gezeigt, Abb. 3.1.2-1 . Die Beobachtungen der Station 7405 sind hier als sehr gut einzuschätzen (Grafik-Tool: J. Perlt).

Die Lösungen der ILRS Analysezentren werden auf ihre Qualität hin laufend vom Kombinationszentrum des ILRS geprüft und die Ergebnisse umgehend bereitgestellt. Nur Lösungen, die den Prüfkriterien genügen, gehen in die offizielle ILRS A -Kombinationslösungen ein, die dann dem IERS für die Realisierung des internationalen terrestrischen Referenzsystems zur Verfügung gestellt werden.

Einzelne, ausgewählte wöchentliche Analyseergebnisse der ILRS Analysezentren in Bezug auf die ILRS-A Kombinationslösung sind in den folgenden Grafiken (Abb. 3.1.2-2a-c) als Zeitreihen der entsprechenden Residuen über den Zeitraum Juli-Dezember 2010 dargestellt.

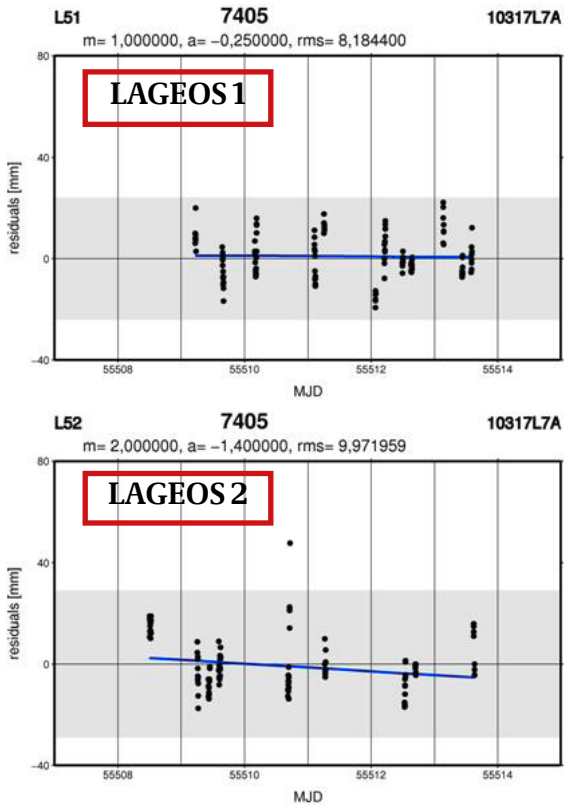


Abb. 3.1.2-1 Residuen der Beobachtungen der Station Conception für die Woche 101113

Die Ergebnisse der einzelnen Analysezentren sind wie folgt abgekürzt:

asi - Agenzia Spaziale Italiana
bkg - Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
gfz - Geoforschungszentrum Potsdam
grgs - Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale
esa - European Space Agency
jcet - Joint Center for Earth Systems Technology
nsgf - Natural (Environment Research Council) Space Geodesy Facility

Die Ergebnisse des BKG/Code Analysezentrums liegen im Vergleich zu den anderen Analysezentren meistens in dem ersten Drittel, dies gilt insbesondere für den Maßstabsparameter (Abb. 3.1.2-2b), der nur kleine Variationen über die Zeit aufzeigt. Im Dezember verschlechtern sich die Lösungen, da zunächst ein Bias der Station Wettzell unberücksichtigt blieb.

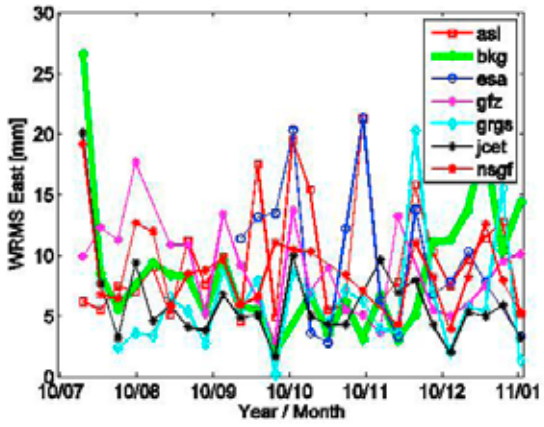


Abb. 3.1.2-2a Zeitreihen der gewichteten Koordinaten-Residuen, East-Komponente

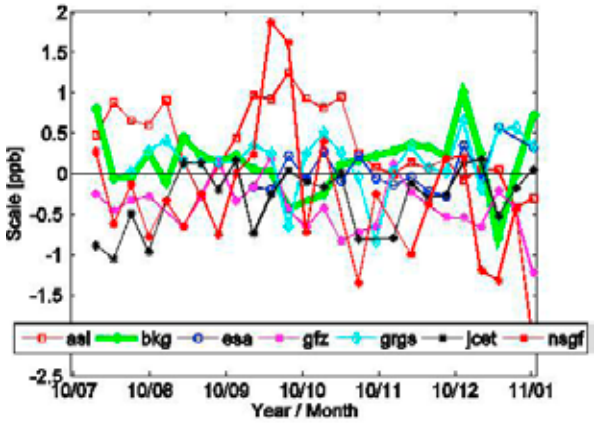


Abb. 3.1.2-2b Zeitreihen der Maßstäbe der individuellen Lösungen der verschiedenen Analysezentren

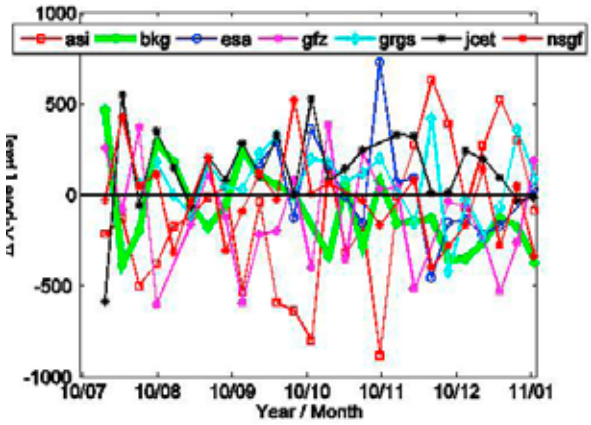


Abb. 3.1.2-2c Zeitreihen der gewichteten Residuen der X-Polkomponente um ihren Mittelwert

3.1.3 International VLBI Service (IVS)

Datenzentrum

Das BKG erfüllt im Rahmen des IVS die Auf-gaben eines sogenannten "Primary Global Data Center". Alle damit im Zusammenhang stehenden Anforderungen wurden im Berichtszeitraum erfüllt. Die Datenbestände werden mehrmals täglich mit den anderen beiden Hauptdatenzentren des IVS (CDDIS - Crustal Dynamics Data Information System in Greenbelt in den USA und am Observatoire de Paris in Frankreich) synchronisiert. Die Einspeisung neuer Datenbestände erfolgt über einen sogenannten Incoming-Bereich. Die für diese Prozesse notwendige Software (Incoming- und Mirrorsoftware) wurde den vom IVS modifizierten Anforderungen angepasst und entsprechend laufend gehalten. Neue Daten werden von den Korrelatorbetreibern (Datenbasen und Hilfsdateien) und den Analysezentren (Analyseprodukte) an jeweils eines der Datenzentren übergeben und über den Spiegelmechanismus auf das Gesamtsystem verteilt. Je nach Korrelationsdauer variieren die Versatzzeiten zwischen der Datenerfassung an den VLBI-Stationen und der Einspeisung in die Datenzentren. Für 24h-Experimente beträgt diese etwa eine Woche, für ein Intensive-Experiment zwei bis drei Tage und für ein Intensive eVLBI-Experiment (eVLBI – electronic VLBI) weniger als einen Tag. Neben dem IVS-Datenzentrum werden für eigene Analysearbeiten lokale Kataloge für Datenbasen und sogenannte Superfiles betrieben. Am Ende des Berichtszeitraumes befanden sich etwa 12 220 Datenbasen der Jahre 1976 bis 2010 in diesem lokalen System.

Analysezentrum

Für die Analyse der VLBI-Experimente wird am BKG die Calc/Solve-Software, entwickelt am GSFC (Goddard Space Flight Center) in Washington, verwendet. Im Juni 2010 erfolgte eine Umstellung von Release 2008.12.05 auf 2010.05.21. Wesentliche Neuerungen sind u.a. die nunmehr mögliche Erzeugung der Nutationen für 24h-Experimente im XY-Koordinatensystem und die Möglichkeit, das IAU 2006 Nutationsmodell zu verwenden. Wie in den Vorgängerversionen, so wurde auch bei diesem Release eine modifizierte Calc/Solve-Version für den Einsatz der Vienna Mapping Function

(VMF1) zur troposphärischen Modellierung erzeugt und unter dem Betriebssystem LINUX auf einer virtualisierten Maschine installiert. Zu diesem Zweck musste der Quelltext einiger Programmteile geändert werden. Die VMF1-Daten werden täglich von der Technischen Universität Wien bezogen. Weiterhin wurden die vorhandenen eigenen Programme zur Datenbankverwaltung und zur partiellen Automatisierung der Auswerteprozesse weiterentwickelt. So wurden u.a. die EOP-Zeitreihen für 24-Stunden-Experimente an das vom IVS neu vorgegebene Format mit den XY-Werten angepasst (EOP – Erdrotationsparameter).

Das IVS-Produkt EOP-Zeitreihe bkg00012 wurde durch bkg00013 ersetzt. Ein Hauptunterschied zur alten Reihe ist die Nutzung der neuen a priori-Werte des Himmels-Referenzsystems Realisierung 2 (ICRF2 – International Celestial Reference Frame Realization 2). Ein weiterer Unterschied besteht in der Berechnung der Nutationsglieder. Bisher wurden die Nutationsglieder in Länge und Schiefe der Ekliptik relativ zum Modell IAU1980 berechnet. Zusätzlich werden nunmehr die Nutationsglieder relativ zum Modell IAU2000A/2006 in den Komponenten X und Y relativ zum Himmelspol berechnet.

Aufgrund eines Erdbebens im Bereich der Station TIGO (Transportables Integriertes Geodätisches Observatorium) nahe Concepcion (Chile) kam es zu Stationsverschiebungen von bis zu drei Metern. Daraufhin wurde die Koordinatenbestimmung von TIGO nicht mehr global über den gesamten Zeitraum durchgeführt, sondern lokal in jeder VLBI-Session mit Beteiligung von TIGO.

Zurzeit werden 4 094 VLBI-Experimente von Jan. 1984 bis Dez. 2010 zur Ableitung der EOP-Reihe verwendet. Vom Eintreffen eines neuen vom Korrelator kommenden Experimentes im Datenzentrum bis zur Erzeugung der neuen EOP-Zeitreihe für das IVS werden ca. ein bis zwei Tage benötigt. Die IVS-Produkte "TRF- und CRF-Quartalslösung" (TRF – Terrestrial Reference Frame; CRF – Celestial Reference Frame) wurden mit der Auswertestrategie unter „bkg00013“ fortgeführt.

Die kontinuierliche Erstellung von UT1-Zeitreihen (Universal Time No. 1) für den IVS aus einstündigen „Intensive VLBI-Experimenten“ der Basislinien KOKEE (Hawaii, USA) – WETTZELL, KOKEE – WETTZELL – SVETLOE (Russland) und TSUKUBA (JAPAN) – WETTZELL wurde weitergeführt. Die Auswertung der E-VLBI-Experimente auf den Basislinien NYALESUND (Norwegen) – TSUKUBA – WETTZELL im wöchentlichen Zyklus jeweils montags verlief stabil. Verzögerungen infolge von Problemen beim Datentransfer betrugen maximal einen Tag. Aufgrund von Wartungsarbeiten am Radioteleskop in Wettzell kam es zu mehrmonatigen Datenausfällen. Diese wurden vorübergehend durch die Nutzung anderer Radioteleskope (WESTFORD – USA, NYALESUND - Norwegen) kompensiert. Analog der Reihe aus 24h-Experimenten wurde auch hier die Reihe aufgrund der neuen a priori-Werte des ICRF2 erneuert. Bisher sind insgesamt 3 476 Experimente im Beobachtungszeitraum vom 1.1.1999 bis Ende Dez. 2010 ausgewertet worden.

Abb. 3.1.3-1 zeigt ein Beispiel für die Fehler in Form von WRMS der BKG-Lösung bkg00013 und Einzellösungen anderer Analysezentren zu der IERS EOP-Reihe C04 von Juli 2010 bis Anfang Jan. 2011 für die Erdrotationskomponente UT1-UTC. Abb. 3.1.3-2 zeigt ein analoges Beispiel für die Lösungen der einstündigen UT1-Zeitreihen.

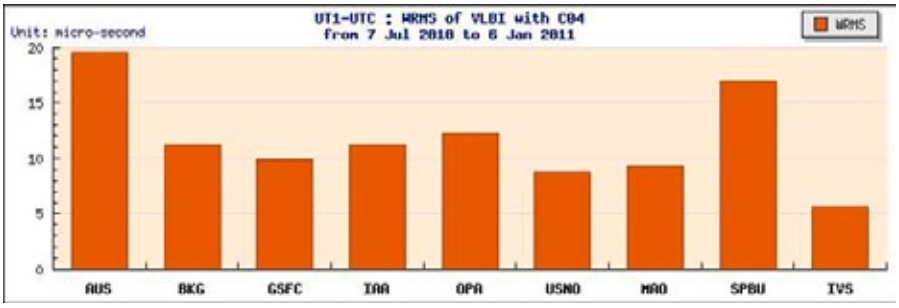


Abb. 3.1.3-1 Fehler in Form von WRMS der BKG-Lösung bkg00013 und Einzellö-sungen anderer Analysezentren zu der IERS EOP-Reihe C04 von Juli 2010 bis Anfang Jan. 2011 für die Erdrotationskomponente UT1-UTC (Quelle: EOP Product Centre of IERS http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/products/combined/verif.html)

Die Erzeugung der Beobachtungspläne seit August 2005 (schedules) für die Intensive-Beobachtungsreihe auf den Basislinien TSUKUBA-WETTZELL und TSUKUBA-WESTFORD im War-

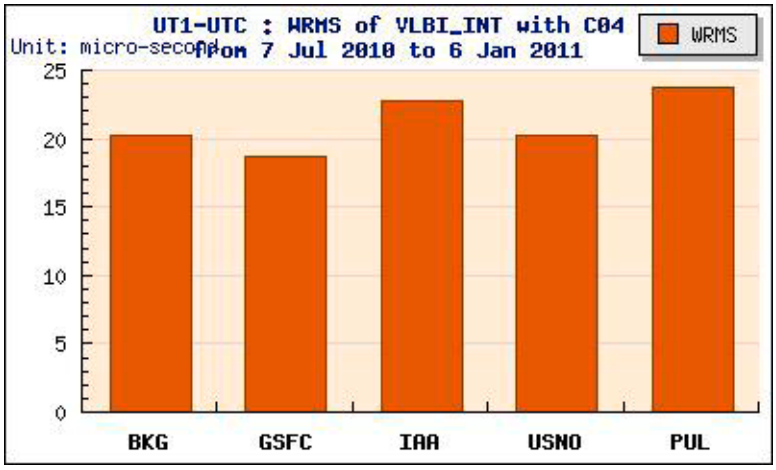


Abb. 3.1.3-2 Fehler in Form von WRMS der BKG-Lösung bkgint09 und Einzellösungen anderer Analysezentren zu der IERS EOP-Reihe C04 von Juli 2010 bis Anfang Jan. 2011 für die Erdrotationskomponente UT1-UTC (Quelle: EOP Product Centre of IERS http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/products/combined/verif.html)

tungszeitraum von WETTZELL wurde von der VLBI-Gruppe des BKG fortgeführt und den Stationen zur Verfügung gestellt.

Die VLBI-Gruppe des BKG beteiligt sich an der Erzeugung des IVS-Produktes „Troposphärenparameter" in Form von SINEX Files für Troposphärenparameter der VLBI-Experimente von Januar 1984 bis Dez. 2010. Eine aktualisierte Zeitreihe wurde aus der neuen Globallösung bkg00013 ex-trahiert und dem IVS zur Verfügung gestellt. Weiterhin werden seit 2004 vom BKG tägliche VLBI-Sessionlösungen für EOP, Stations- und Radioquellenkoordinaten in Form von sogenannten „Daily SINEX Files" geliefert. Vom IVS wurden diese Lösungen beginnend ab 1. Januar 2007 als offizielle IVS EOP-Zeitreihe definiert. Derzeit wird der Zeitraum von Jan. 1984 bis Dez. 2010 abgedeckt. Die Reihe wurde mit der Einführung von bkg00013 für alle verwendeten Sessions neu gerechnet.

Nach der Definition einer neuen SINEX-Reihe für „Intensive VLBI-Experimente" durch das IVS Mitte 2007 beteiligt sich auch die VLBI-Gruppe des BKG an der Erzeugung einer solchen Reihe. Sie dient der Bestimmung von „Intensive" EOP und ist Basislösung für Kombinationstechniken.

Die Arbeiten im Rahmen der IERS/IVS-Arbeitsgruppe für die Realisierung des ICRF2 sind abgeschlossen. Diese betrafen die Erstellung einer Zeitreihenlösung der Radioquellenpositionen, die Analyse der Zeitreihe hinsichtlich der Ableitung stabiler Radioquellen, die Untersuchung der Achsenstabilität des ICRF sowie die Erstellung einer Kataloglösung für das ICRF2. Die Ergebnisse sind auf der IVS-Generalversammlung 2010 in Hobart (Australien) vorgestellt und veröffentlicht worden. Eine Gesamtbeschreibung zur Ableitung des ICRF2 ist in der IERS Technical Note 35 veröffentlicht. Das ICRF2 wurde zur 27. Generalversammlung der IAU offiziell als fundamentales Himmels-Referenzsystem zum Zeitpunkt 01.01.2010 festgelegt.

IVS-Kombinationszentrum

Das IVS-Kombinationszentrum liegt seit 1. Oktober 2009 in den Händen des BKG. Die Einrichtung des Kombinationszentrums (BKG Combination Center – BKG CC) sowie die Übernahme der routinemäßigen Kombination sind detailliert in [4][4] beschrieben.

Seitdem werden am BKG CC im operationellen Betrieb zweimal wöchentlich IVS EOP Serien (sogenannte „rapid solution" mit jeweils 24 Stunden Beobachtungsphasen) kombiniert. Die Kombination basiert auf dem Softwarepaket DOGS, das am DGFI entwickelt wurde. Eingangsdaten sind datumsfreie Normalgleichungen im SINEX-Format. Die Kombinationsstrategie wird in [5][5] dargestellt.

Im Jahr 2010 lieferten sechs IVS-Analysezentren Daten zur Kombination (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Goddard Space Flight Center (GSFC), Institute for Applied Astronomy (IAA), Observatoire de Paris (OPAR) und United States Naval Observatory (USNO)).

[4] Bericht über die Tätigkeit des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie 1.Januar 2009 bis 31.Dezember 2009.

[5] Nothnagel, A., Böckmann, S., Artz, T., Analysis Coordinator Report, In: International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2007 Annual Report, NASA/TP-2008-214162, D. Behrend and K.D. Baver (eds.), 16-17, 2008.

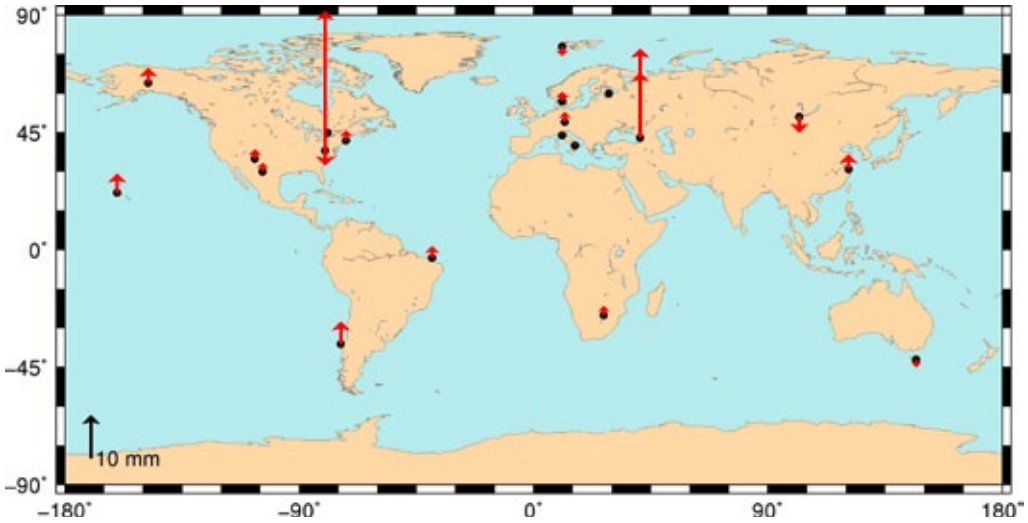


Abb. 3.1.3-3 Vergleich des TRF aus der Quarterly-Lösung mit dem ITRF2008. Gezeigt ist der Offset in der Höhe von IVS-Beobachtungsstationen.

Das Hauptaugenmerk im Jahr 2010 lag in der Evaluierung der Daten zweier neuer, potentieller Analysezentren, sowie in der Kombination von Langzeitdatenreihen, die operationell vierteljährlich produziert werden sollen (sogenannte „quarterly solutions"), wobei alle Rapid Sessions von 1984 bis zum aktuellen Zeitpunkt kombiniert werden.

Bei der Erstellung der Langzeitkombination werden neben Stationskoordinaten ein Terrestrischer Referenzrahmen (TRF) (s. Abb. 3.1.3-3) sowie Erdorientierungsparameter (EOP) (s. Abb. 3.1.3-4) bestimmt. Statistische Auswertungen erlauben zudem den Vergleich der Analysezentren untereinander und in Bezug auf die kombinierte IVS-Lösung (s. Abb. 3.1.3-5).

Über die Homepage des IVS Analysekoordinators http://vlbi.geod.uni-bonn.de/IVS-AC/ werden die Ergebnisse mit Graphiken der Rapid-Kombination und zukünftig auch der Quarterly-Kombination dargestellt.

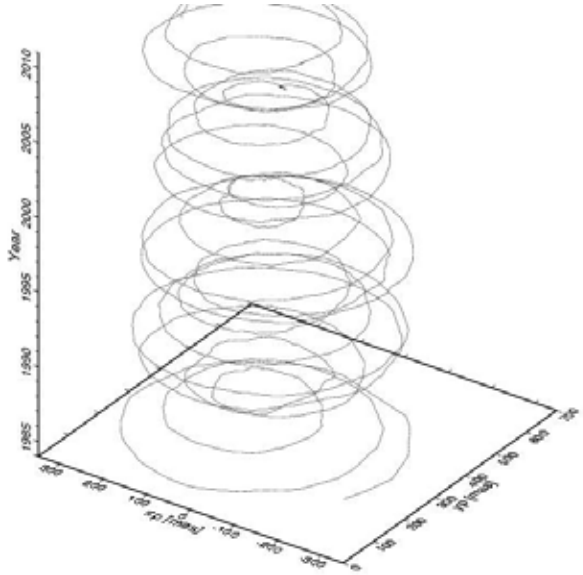


Abb. 3.1.3-4 Darstellung der Polbewegung seit 1984.

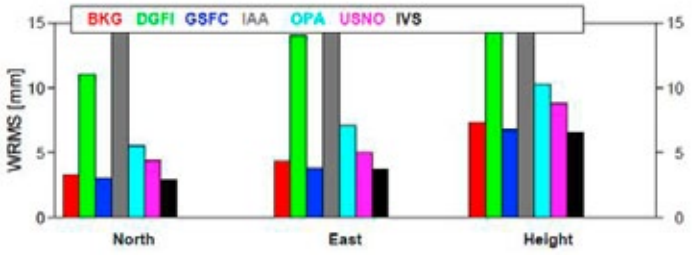


Abb. 3.1.3-5 Statistischer Vergleich der Lösungen einzelner Analysezentren im Vergleich zur kombinierten Lösung des IVS. Dargestellt ist die gewichtete Standardabweichung für Stationskoordinaten resultierend aus der Quarterly-Kombination.

3.2 Nationale Referenzsysteme Lage

Schwerpunkte der Arbeiten des Referats „Nationale Referenzsysteme – Lage“ waren die Weiterentwicklung von Echtzeit-Aktivitäten, der Netze GREF (integriertes Geodätisches Referenznetz Deutschlands) und DREF-Online (Deutsches Referenznetz-Online), die Erweiterung der Kombinationen der Teilnetze des EPN (EUREF-Permanentnetz), echtzeitnahe Parameterschätzung und die Auswertung der GNSS-Messungen der deutschen Höhenkampagne (GNSS - Globales Satellitennavigationssystem).

3.2.1 Geodätisches Referenznetz GREF

Die tägliche Analyse der GNSS-Beobachtungsdaten im Post-Processing wird mit der Version 5.0 der Berner Auswertesoftware durchgeführt. Die GREF-Stationen werden in verschiedenen Netzen ausgewertet, u.a. in einem ca. 120 Stationen umfassenden Teilnetz des EPN sowie im Rahmen des neuen SAPOS-Bezugsrahmens unter der Bezeichnung DREF-Online (SAPOS – Satellitenpositionierungsdienst).

Abb. 3.2.1 GNSS-Auswertung des Integrierten deutschen geodätischen Referenznetzes - GREF

Seit Anfang November 2006 werden die Netze ausschließlich mit absoluten Korrekturwerten für die Phasenzentren der Antennen von Satelliten und Bodenstationen berechnet. Individuelle Antennenkalibrierungen für einzelne Antennen werden berücksichtigt, soweit diese vorhanden sind. Die Netze werden unter Berücksichtigung der präzisen Satellitenbahn- und Satellitenuhrdaten des IGS (International GNSS Service) und des Zentrums für Satellitenbahnbestimmung in Europa (CODE) tageweise berechnet und alle sieben Tage zu einer Wochenlösung zusammengefasst.

Seit Okt. 2010 werden auch GLONASS Beobachtungsdaten mit berücksichtigt. Als Ergebnis werden Koordinaten und Koordinatenzeitreihen in den Referenzsystemen IGS05 und ETRS89 sowie auch Parameter der Laufzeitverzögerung durch die Troposphäre bereitgestellt. Eine aktuelle Übersicht der Stationen ist in Abbildung 3.2.1 dargestellt.

3.2.2 Der SAPOS Bezugsrahmen DREF-Online

Auf der 17. Tagung des Arbeitskreises Raumbezug am 16./17. Juni 2009 wurde der Beschluss gefasst, DREF-Online als Bezugsrahmen für das SAPOS-Koordinatenmonitoring im Regelbetrieb einzuführen und das BKG als Rechenstelle mit den regelmäßigen DREF-Online Auswertungen zu beauftragen. Eine entsprechende Verwaltungsvereinbarung zwischen dem BKG und den Bundesländern wurde Ende 2009 unterzeichnet. Das SAPOS-Referenzsystem auf der Basis der Diagnoseausgleichung 2003 (ETRS89/DREF91) wurde durch Transformation der Koordinaten vom aktuellen Berechnungssystem nach ETRS89/DREF91 verlagert. Für die Überwachung und die Bestimmung von Koordinaten der SAPOS-Referenzstationen wird DREF-Online empfohlen.

Das Netz umfasst derzeit 30 SAPOS-Stationen, 28 GREF-Stationen des BKG sowie 15 weitere EPN/IGS-Referenzstationen im In-/Ausland (siehe Abbildung 3.2.2). Es werden tägliche Netzlösungen im Post-Processing berechnet und als Wochenkombination einschließlich Koordinatenzeitreihen bereitgestellt.

Im Mittelpunkt der technischen Zusammenarbeit zwischen BKG und den Ländern steht das GNSS-Datenzentrum des BKG. Dort ist ein durch Passwort geschütztes „DREF-Online“-Projekt eingerichtet, in das die Länder die zu bearbeitenden GNSS-Beobachtungsdateien schicken und das BKG dann die wöchentlichen Auswerteergebnisse bereitstellt. Eine Zusammenfassung der wöchentlichen Ergebnisse wird zusätzlich durch eine Mailingliste verteilt.

Abb. 3.2.2: GNSS-Auswertung DREF-Online

3.2.3 Europäisches Refernenznetz EUREF

Die für EUREF regelmäßig generierten Produkte sind in Tabelle 3.2.3 zusammengestellt. Sie werden auch weiterhin bereitgestellt, wohingegen die kontinuierliche kumulierte Lösung vorübergehend deaktiviert ist. Die Robustheit der EUREF Kombinationslösung wurde in 2010 dadurch verstärkt, dass ein zusätzliches Analysezentrum an der Militärischen Technischen Universität Warschau weitere Teillösungen beiträgt. Das führte insbesondere zu einer Verbesserung der rapiden täglichen Lösung, die vorzugsweise für Aufgaben des Monitoring herangezogen wird.

Zur Vorbereitung einer vollständigen Neuberechnung des permanenten EUREF Netzes auf Grundlagen einheitlicher verbesserter Modelle wurden jetzt alle Messungen aus dem Jahr 2006 neu ausgewertet. Dabei konnten die zu erwartenden Verbesserungen für die Koordinaten der EUREF Stationen demonstriert werden. Das weitere Vorgehen zu dieser Neuberechnung wurde auf einem Workshop aller Analysezentren im November 2010 in Warschau beschlossen. Zur Vorbereitung auf das zukünftige Galileo System hat EUREF die erforderliche Struktur zum Abspeichern von Messungen im neuen RINEX Version 3 Format geschaffen und die Stationsbetreiber dazu aufgerufen, zusätzlich die Messungen auch in diesem Format zu übermitteln. Das neue Format ist für Galileo unverzichtbar und die nun öffentlich verfügbaren Datensätzen stehen den Entwicklern von Galileo Komponenten zu Verfügung.

Tabelle 3.2.3 EUREF Produkte

Koordinaten der Referenzstationen	Wöchentliche, tägliche und stündliche Prozessierung eines EPN Teilnetzes
	Wöchentliche, tägliche, „rapide“ tägliche und stündliche Kombination der Stationskoordinaten von EPN Teilnetzen
	Kombination der Statiönskoordinaten von EPN Teilnetzen für EPN-Repro1 Re-Prozessierung
Troposphäremparameter	Kombination von Troposphärenparametern aus Tageslösungen der EPN Teilnetze
	Kombination von Troposphärenparametern für EPN-Repro1 Re-Prozessierung
Satellitenuhren	Schätzung von Satellitenuhren in Echtzeit in Kooperation mit und als Beitrag zum „IGS Real-Time“ Pilotprojekt

3.2.4 Echtzeitnahe Parameterschätzung

In der echtzeitnahen Parameterschätzung werden zwei Varianten permanent, d.h. jede Stunde prozessiert. In beiden Varianten kommt die Berner GNSS Software, Version 5.0 zum Einsatz. Die Routineauswertung läuft mittlerweile seit 2003 ohne wesentliche Unterbrechungen. Die Anzahl der Stationen im Netz wurde im Juni 2010 von 90 auf 110 erhöht. Die numerische Berechnung der Daten, die aus einem Datenblock der jeweils letzten vier Stunden besteht (sog. „sliding window"-Technik), dauert abhängig vom Volumen und Qualität der Daten zwischen 30 und 50 Minuten. In der Abbildung 3.2.4 -1 werden die Anzahl der Stationen sowie die Dauer der Berechnungen, die vom 1.1.2010 bis 31.12.2010 durchgeführt wurden, illustriert.

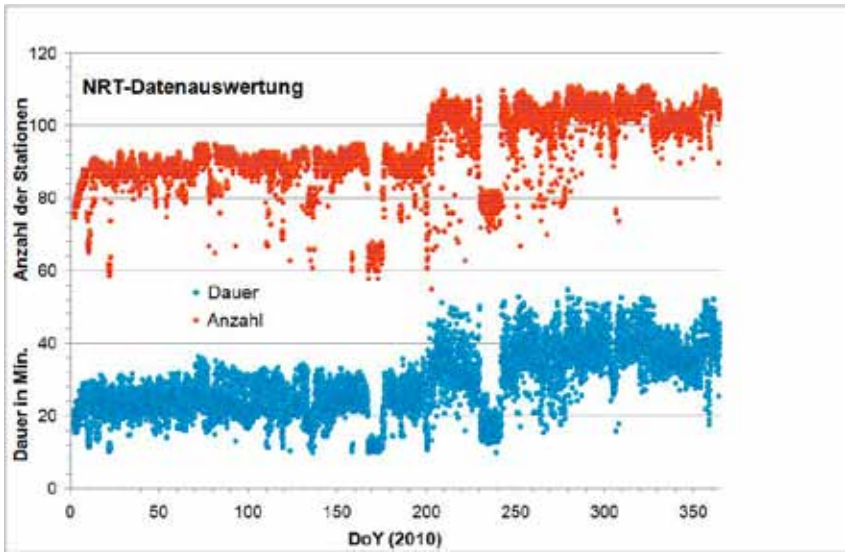


Abb. 3.2.4-1 Anzahl der Stationen sowie die Dauer der Berechnungen der Routineprozessierung ‚bkg_' für 2010

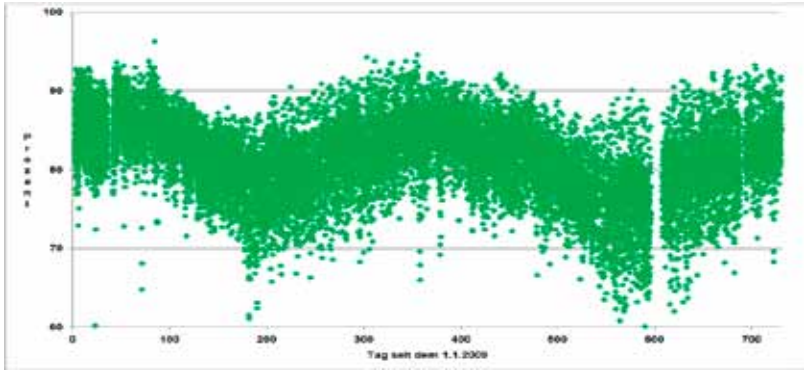


Abb. 3.2.4-2 Anzahl gelöster Mehrdeutigkeiten der Testvariante ‚bkgh' (in Prozent)

Seit 2009 läuft parallel eine weitere echtzeitnahe Stundenauswertung, die bei E-GVAP als Testlösung ‚bkgh' mitgeführt wird. Der wesentliche Unterschied zur Routineberechnung besteht in den verwendeten Daten: In dieser Variante werden ausschließlich RINEX-Dateien verwendet, die aus Echtzeitdatenströmen erzeugt werden. Diese sog. Highrate-Files werden vom BKG mittels des Programms BNC für eine Vielzahl von regionalen und globalen Stationen mit einer Datenrate von 1 Hz und einer Länge von 15 Minuten erzeugt und in das BKG-Datenzentrum hochgeladen. Durch diese Variante wird es zukünftig möglich sein, die Prozessierungsrate von derzeit einer Stunde auf 30, eventuell sogar auf 15 Minuten zu erhöhen. Damit erhält der Abnehmer der Ergebnisse wiederum die Möglichkeit, seine Anwendung rascher mit den GNSS-Ergebnissen zu bedienen. Abbildung 3.2.4-2 zeigt die Zahl der gelösten Doppeldifferenzambiguitäten, die im Sommer aufgrund der atmosphärischen Einflüsse geringer ist als im Winter.

3.2.5 DHHN2008-GNSS-Netz

Nach dem Beschluss "AK RB 09/14" des Arbeitskreises Raumbezug der AdV (AK-RB) wurde zur Erneuerung und Wiederholung des Deutschen Haupthöhennetzes vom 26.05.2008 bis 04.07.2008 (insgesamt 18 Sessions) eine GNSS-Kampagne in der ganzen Bundesrepublik (DHHN2008-GNSS- Netz) durchgeführt.

Das Ziel der GNSS-Kampagne ist die bestmögliche Bestimmung der Höhen bzw. Höhendifferenzen der 250 Stationen des DHHN-GNSS-Netzes sowie die Anbindung dieses Netzes zu den regionalen und globalen Netzen, wie SAPOS-, GREF-, EPN- und IGS-Netze, durch die gemeinsame Auswertung der Daten ausgewählter Stationen in diesen Netzen.

Im DHHN2008-GNSS-Netz wurde jede Station mindestens einmal mit je einer Ausrüstung von zwei verschiedenen Herstellern getrennt gemessen. Auf 112 Stationen wurden mit Geräten einer der Firmen Wiederholungsmessungen durchgeführt).

Als Rechenstellen GNSS fungieren das BKG sowie der Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGN).

Zur Auswertung der Daten wurden dem BKG die 1Hz- und 30-Sekundenmessdaten der GNSS- Kampagne sowie die nach dem Roboterverfahren bestimmten absoluten Kalibrierwerte der Antennenphasenzentrumsvariationen (PCV) durch die LGN zur Verfügung gestellt. Die Auswertungsstrategie der Daten erfolgte gemäß der Vereinbarung der Rechenstellen BKG und LGN mit Einführung der GNSS-Bahndaten nach den EUREF-Kriterien.

Nachdem bereits die gemeinsame Auswertung der 1Hz-Beobachtungen der beiden unterschiedlichen Ausrüstungen als freie Netzausgleichung in einem Guss stattgefunden hat, wurden in weiteren Schritten die Stationen der verschiedenen regionalen und globalen Permanentstationsnetze hinzugefügt (Tabelle 3.2.5).

Tabelle 3.2.5 Stationen, die in die Auswertung einbezogen wurden.

Netz	Anzahl der Stationen
DHHN-GNSS-Netz	250
GREF	29
IGS	8
SAPOS (D)	264
06GPS (NL)	5
APOS (A)	10
CZEPOS (CZ)	7
EXAGONE (FR)	6
GPSnet.dk (DK)	3
GUGIK (PL)	8
SPSLUX (L)	4
SWIPOS (CH)	5
WALCORS (B)	2
gesamt	601

Eine Vorauswertung der 30-Sekunden-Messdaten der Permanentstationen hat Fehler bei den Näherungskoordinaten sowie in den Metadaten aufgezeigt, dadurch wurde eine Neubestimmung notwendig. Die Abbildung 3.2.5 gibt einen Überblick über die Verteilung und Dichte des ausgewerteten Stationsnetzes.

Im zweiten Schritt wurde begonnen, die 1-Hz-Daten der 351 verfügbaren Permanentstationen in Deutschland und den Nachbarländern gemeinsam mit den 250 DHHN-Stationen auszuwerten, diese Auswertung ist noch im Gange.

Abb. 3.2.5 Lage der Stationen des DHHN-2008-GNNS Netzes zusammen mit den ausgewerteten Permanentstationen

3.2.6 Echtzeit-Aktivitäten

Nachdem seit 2004 ein RTCM-Standard für das Versenden von GNSS-Beobachtungen zur Verfügung steht, stellen eine wachsende Anzahl von global verteilten Referenzstationen ihre Beobachtungen zur freien Verfügung bereit. Diese weltweiten Ressourcen ermöglichen die Schätzung und Verteilung von Bahn- und Uhrenkorrekturen in Echtzeit.

Das BKG berechnet in einer Zusammenarbeit mit der TU Prag solche Echtzeitkorrekturen und stellt diese über seine Server der Öffentlichkeit bereit. Diese Korrekturwerte stehen in verschiedensten Bezugssystemen zur Verfügung, so dass der Nutzer nach dem Anbringen dieser Werte seine Ergebnisse unmittelbar in dem gewünschten Referenzsystem erhält. Auf der Homepage des BKG werden mit den verschiedenen Korrekturdatenströmen exemplarisch die Ergebnisse von permanenten PPP-Lösungen PPP - Precise Point Positioning) grafisch dargestellt.

Das ebenfalls vom BKG und der TU Prag entwickelte Client-Programm BNC ermöglicht dem Nutzer, aus dem Datenstrom seines GNSS-Empfängers zusammen mit den Echtzeitkorrekturen des BKG eine PPP-Lösung zu rechnen. Die Genauigkeit dieser Lösungen hat sich durch eine laufende Fortentwicklung von BNC im Laufe des Jahres auf unter einem Dezimeter verbessert. Zur Überprüfung der erreichbaren Genauigkeit in einem kinematischen Modus wurden vom BKG verschiedene Testmessungen durchgeführt (Abbildung 3.2.6).

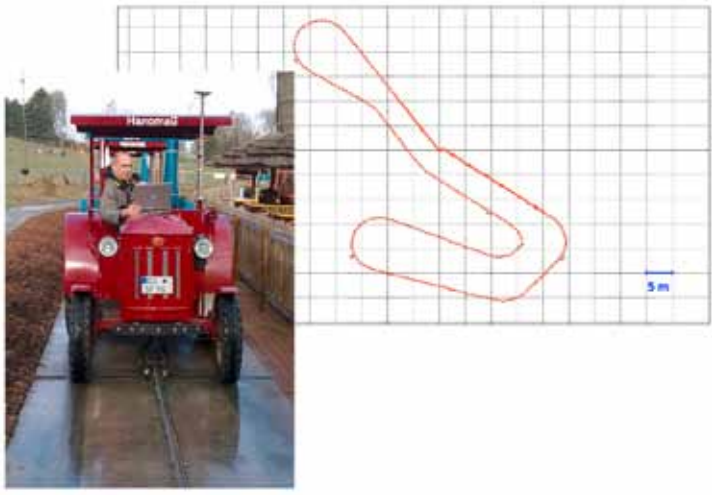


Abb. 3.2.6 Mobiler GNSS Positionierungstest auf einem schienengeführten Traktor

3.3 Nationale Referenzsysteme Höhe

Das Aufgabengebiet des Referates „Nationale Referenzsysteme – Höhe“ umfasst die Realisierung von Höhenreferenzsystemen im nationalen und europäischen Rahmen, die Bestimmung dazu konsistenter regionaler Schwerefeld- und Quasigeoidmodelle sowie die Bereitstellung von Informationen über europäische Koordinatenreferenzsysteme und über geodätische Beobachtungssysteme. Am geodätischen Referenznetz GREF beteiligt sich das Referat durch den Betrieb und die Wartung der GNSS-Stationen, die Anlage und die Beobachtung geodätischer Sicherungsnetze sowie den Höhenanschluss der Stationen an das Höhenfestpunktfeld.

Das BKG ist als Rechenstelle für die Auswertung des Nivellementsnetzes an der Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes beteiligt. Mit dem an den Rechenstellen vorliegenden Datenbestand von ca. 60 % des geplanten Netzumfangs wurden die Messungen linienweise mit vorhergehenden Nivellementsepochen verglichen und erste Ausgleichungen durchgeführt.

Seit der Fertigstellung des GCG05 (German Combined QuasiGeoid 2005) konnten der Datenbasis des BKG in vielen Gebieten Deutschlands neue Daten hinzugefügt werden. In Vorbereitung der Neuberechnung der Höhenbezugsfläche für Deutschland wurde die Qualität und Konsistenz des gesamten Datenbestandes überprüft. Für die Berechnung der topographischen Reduktionen wurden die aktuellen digitalen Geländemodelle des BKG verwendet. Als globales Referenzfeld wird erstmals ein auf GRACE-Daten (GRACE - Gravity Recovery And Climate Experiment) und ersten GOCE-Daten (GOCE - Gravity Field and steady-state Ocean Circulation Explorer) basierendes globales Kugelfunktionsmodell verwendet. Im Rahmen des REAL-GOCE-Projektes wurden Untersuchungen zur Validierung der GOCE-Beobachtungen und ihre Nutzung zur Bestimmung verbesserter Höhenbezugsflächen durchgeführt.

Das GREF-Stationsnetz wurde für die Nutzung des europäischen Satellitenpositionierungssystems GALILEO weiter aufgerüstet. Ca. 30 % der GREF-Stationen sind für den Empfang von GALILEO-Signalen vorbereitet.

3.3.1 Höhenbezugssysteme

Als eine von zwei Rechenstellen zur Auswertung der Nivellements beteiligte sich das BKG an den Arbeiten zur Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes (DHHN). In Abstimmung mit den Ländern führte die Rechenstelle im BKG die Laufendhaltung des Netzentwurfes des DHHN einschließlich der DHHN-internen Liniennummerierung fort. Der ursprüngliche Netzentwurf zur Erneuerung des DHHN konnte um weitere Linien ergänzt werden und hatte im April 2010 einen Umfang von 25 900 km. Dies entspricht ca. 98 % der Linienlänge des DHHN92. Die Unterschiede in der Netzkonfiguration sind jedoch größer, als der Vergleich der Linienlängen vermuten lässt. In einigen Ländern wurde das Netz im Vergleich zum DHHN92 stark ausgedünnt (Bayern, Schleswig-Holstein), während andere Bundesländer 100 % des DHHN92 neu messen bzw. sogar zusätzliche Linien in den Netzentwurf integriert haben (z.B. Nordseeküstennivellement).

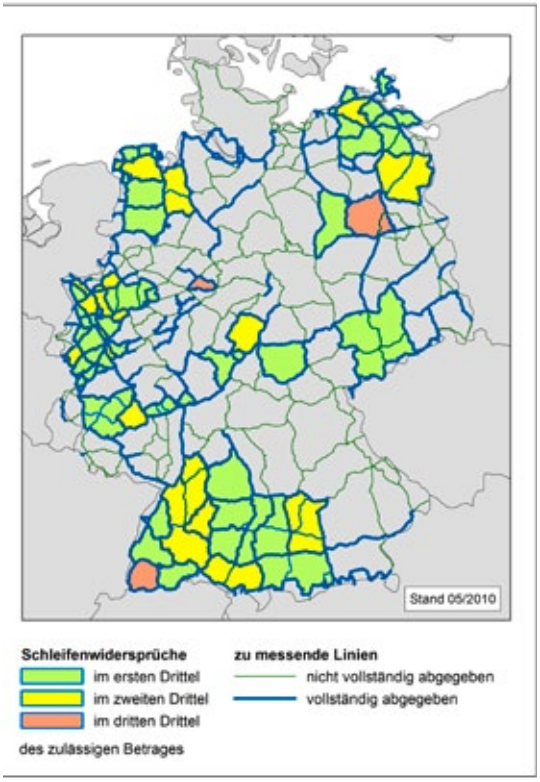


Abb. 3.3.1 Bereits geschlossene Schleifen im DHHN 2006-2011 (Stand Mai 2010)

Durch den Arbeitskreis Raumbezug der AdV wird eine jährliche Erhebung der Messungsleistungen initiiert. Die Erhebung gibt einen Überblick über den Fortschritt des Projektes und

trägt zur besseren Koordinierung der Arbeiten sowie zur Qualitätskontrolle bei. Mit Stand April 2010 wurden mit 17 800 km ca. 69 % der geplanten Linien nivelliert. Für etwa 60 % der geplanten Linien erfolgte bereits die vollständige Datenabgabe an die Rechenstellen einschließlich der Koordinaten und Schwerewerte. Mit diesen Daten konnten ca. 100 Schleifen geschlossen (siehe Abb. 3.3.1) und damit gesicherte Erkenntnisse über die erreichte Messgenauigkeit gewonnen werden. Grundsätzlich konnte die geforderte Genauigkeit für den Schleifenschluss für alle Nivellementsschleifen eingehalten werden. Die drei in der Grafik rot gekennzeichneten Schleifen haben Schleifenschlussfehler an der Grenze des zulässigen Bereiches (Z_U [mm] = $\pm 2 \cdot \sqrt{\text{Umfang in km}}$).

Dort sind deshalb von den jeweilig zuständigen Ländern Nachmessungen geplant. Aus den bisher geschlossenen Schleifen ergibt sich eine Standardabweichung für von 0,65 mm/km^{-1}.

Die enge Zusammenarbeit mit der Rechenstelle NRW wurde fortgesetzt. Es wurden verschiedene Ausgleichungsvarianten mit dem vorläufigen Datenbestand (Abgabestand 03/2010) berechnet und mit den Ergebnissen der Rechenstelle NRW verglichen. Dabei traten Differenzen insbesondere bei freier Netzausgleichung mit mehreren Datumspunkten auf, die auf unterschiedliche Ausgleichungsansätze der jeweiligen Programme zurückzuführen sind.

Mit Hilfe von Datenbankabfragen in ACCESS, FORTRAN-Programmen und Excel-Werkzeugen wurde der linienweise Vergleich von Nivellements (Vergleich gemessener Höhenunterschiede) realisiert. Um auch die Daten des Nivellementsnetzes 1960 nutzen zu können, wurden diesen Messungen nachträglich in der Datenbank eine linienweise Sortierung zugeordnet. Für einen großen Teil der bereits abgegebenen Linien wurden Vergleiche mit früheren Epochen berechnet und in Diagrammen dargestellt. Auf einigen Linien konnten systematische Unterschiede zwischen den Nivellementsepochen festgestellt werden. Die Ursache hierfür sind z.T. bekannt, z.B. Bergbautätigkeit. Die Fälle, in denen keine Ursachen von vertikalen Bewegungen bekannt sind, wurden mit den Vertretern der entsprechenden Länder in der Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“ diskutiert und werden gegenwärtig überprüft.

Die Arbeiten zur Weiterentwicklung des europäischen Höhennetzes und zur Laufendhaltung und Pflege der Datenbank des United European Levelling Network (UELN) wurden fortgeführt. Nach der Übergabe der Ergebnisse des European Vertikal Reference Frame 2007 (EVRF2007) an die beteiligten Länder Ende 2008 war das Informationssystem für europäische Koordinatenreferenzsysteme CRS-EU (Coordinate Reference Systems for Europe) zu aktualisieren. Es wurden Transformationsparameter von den nationalen Höhenreferenzsystemen der beteiligten Länder zum EVRF2007 berechnet.

3.3.2 Bestimmung regionaler Schwerefeld- und Geoidmodelle

Nachdem der Schwerpunkt der Arbeiten auf dem Gebiet der Schwerefeld- und Geoidmodellierung im Jahr 2009 auf der Vervollständigung und qualitativen Verbesserung der Schweredatenbasis des BKG gelegen hatte, wurde am Beginn des Jahres 2010 auf dieser Grundlage für den Bereich Süd der Deutschlands (Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Saarland und Teile Hessens) ein neues Quasigeoidmodell berechnet.

Gegenüber dem Modell GCG05 wurden zur Berechnung folgende Daten zusätzlich in die Berechnung einbezogen :

- von den Landesvermessungsämtern Bayern und Rheinland-Pfalz übergebene neue Schweremessungen, welche die bestehenden Messungen in weiten Teilen erheblich verdichten
- neue und verdichtete Schweredaten aus Frankreich
- Schweremessungen aus Luxemburg als Ersatz der bisherigen vorliegenden Flächenmittelwerte
- DGM-D (Stand 2008) mit einer Gitterweite von ca. 20 x 30 m als Basis für die topographische Reduktion der Schweredaten bzw. GPS/Nivellementspunkte

In Abb. 3.3.2-1 sind die Differenzen zwischen den BKG-Lösungen von 2005 und 2009 dargestellt. Es wird deutlich sichtbar, dass die neuen

bzw. verdichteten Schweredaten erheblich zu lokalen Verbesserungen des Modells beitragen. Die verdichteten Schweremessungen im Raum Hof (Bayern) bewirken zum Beispiel eine lokale Verbesserung des Quasigeoidmodells von 2 cm. Ähnlich sind die lokalen Verbesserungen in Rheinland-Pfalz auf die Verdichtung der Messungen zurückzuführen. Hier wurden für die Modellierung 2005 Messungen des Deutschen Schwerearchivs verwendet, die teilweise noch auf den Daten des alten Reichsaufnahmenetzes beruhen. Weitere Auswirkungen durch veränderte Schweredaten Frankreichs und Luxemburgs sind ebenfalls sichtbar. Die größeren Differenzen in Baden-Württemberg resultieren aus einer erst nach der Fertigstellung

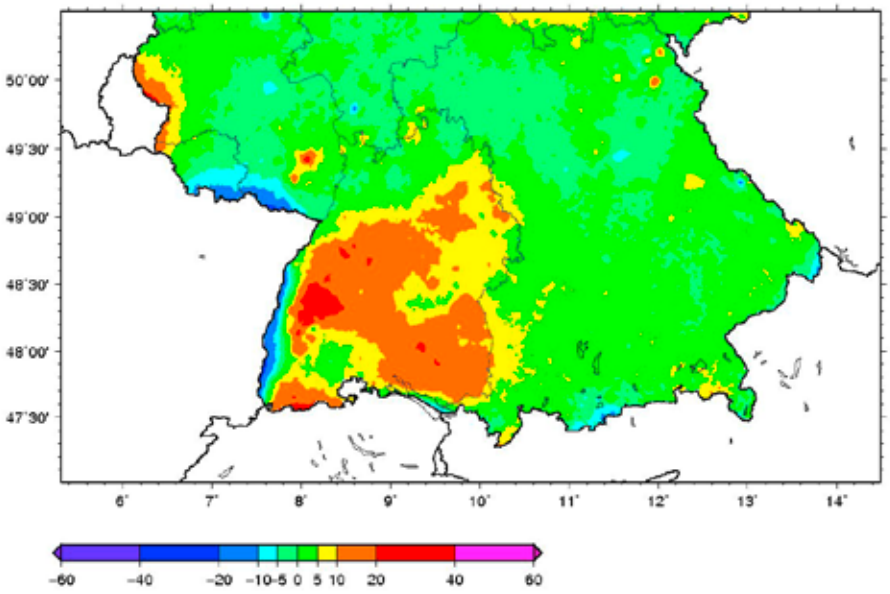


Abb. 3.3.2-1 Differenzen zwischen den Quasigeoidberechnungen des BKG von 2005 und 2009 für den Bereich Süd [mm]

des GCG05 vorgenommenen Anpassung der ellipsoidischen Höhen der GNSS-/ Nivellementspunkte an das Niveau der SAPOS-Diagnoseausgleichung.

Das Modell für den Bereich Süd ist eine Kombinationslösung zwischen zwei verschiedenen Lösungsansätzen des BKG, die auf verschiedenen Punktmassenapproximationen basieren. Den betreffenden Bundesländern wurden die Ergebnisse mitgeteilt und das Modell zur internen Nutzung übergeben.

Nach Vorliegen aktualisierter Schweredaten aus Niedersachsen und Baden-Württemberg sowie aus Dänemark und Schweden hat die Schweredatenbasis gegenüber dem GCG2005 einen in weiten Bereichen ergänzten und aktualisierten Stand erlangt. Die Datenbasis umfasst zum heutigen Zeitpunkt ca. 640 000 für die Quasigeoidmodellierung von Deutschland relevante Schwerewerte, wovon ca. 520 000 Schweremessungen und ca. 120 000 Schwerewerte als Mittelwerte (Polen, Tschechien) vorliegen bzw. aus Altimeterbeobachtungen abgeleitet wurden (DNSC08). Die Validierung der gesamten Datenbasis wurde abgeschlossen. Insbesondere in den älteren, schlecht dokumentierten Datensätzen konnten ca. 500 fehlerhafte und 5 500 doppelte Schweremessungen erkannt und entsprechend gekennzeichnet werden. Entsprechend der Qualität der Daten wurde der gesamte Datenbestand in Hierarchiestufen eingeteilt.

In Vorbereitung der Berechnung eines vollständigen neuen Quasigeoidmodells für ganz Deutschland, die für 2011 geplant ist, war die Ableitung eines verbesserten topgraphischen Modells notwendig. Das Modell liegt in einer Rasterweite von ca. 20 m x 30 m in einer Region ca. 150 km um Deutschland herum vor. Das topographische Modell basierte im Wesentlichen auf dem BKG-Produkt DGM25 (Stand 2010, Auflösung 25 m x 25 m) sowie dem EuroDEM (Stand 2008, Auflösung 50 m x 50 m), Daten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie in Nord- und Ostsee sowie dem weltweiten bathymetrischen Modell GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) (Stand 2004, Auflösung ca. 2 km x 2 km). Es ist für die Reduktion der Schweredaten um den Einfluss der Topographie notwendig und wird auch bei der Prädiktion von Schwerewerten im Rahmen des Projektes zur Erneuerung des deutschen Haupthöhennetzes der AdV eingesetzt.

Die Arbeiten zur Vorbereitung der Berechnung eines neuen Quasigeoidmodells konnten Ende Dezember 2010 abgeschlossen werden. Abb. 3.3.2-2 zeigt die Häufigkeit der (in der Schweredatenbasis des BKG) vorhandenen Schwere-

messungen je Rasterzelle von 2 km x 2 km. Im Bereich der Nord- und Ostsee wurden aus Altimeterbeobachtungen abgeleitete Schwerewerte des Modells DNSC08 einbezogen. In Italien, Slowenien und dem östlichen Teil Österreichs wurden aus dem globalen Modell EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008) synthetisierte Schwerewerte generiert. In die Berechnung des neuen Quasigeoidmodells werden maximal zwei Messungen in einem Raster von 2 km x 2 km einfließen. Die Messungen höherer Qualität (Hierarchiestufe) werden bevorzugt verwendet. Liegen in einzelnen Rasterzellen keine Messungen vor, wird ein aus den umgebenden Messungen prädizierter Schwerewert verwendet.

Für die regionale Quasigeoidmodellierung wurde ein neues Programm erstellt. Das in FORTRAN 90 geschriebene Programm nutzt die Ressourcen der modernen Hardwarearchitekturen wesentlich besser aus und ermöglicht ein effizienteres Datenmanagement. In der ersten Version des Programms erfolgt die Modellierung des Schwerefeldes mittels Punktmassen, wobei zusätzliche Basisfunktionstypen zukünftig leicht implementiert werden können. Neben Höhenanomalien und Schwerestörungen können mit dem Programm auch die zweiten Ableitungen des Potentials verarbeitet werden,

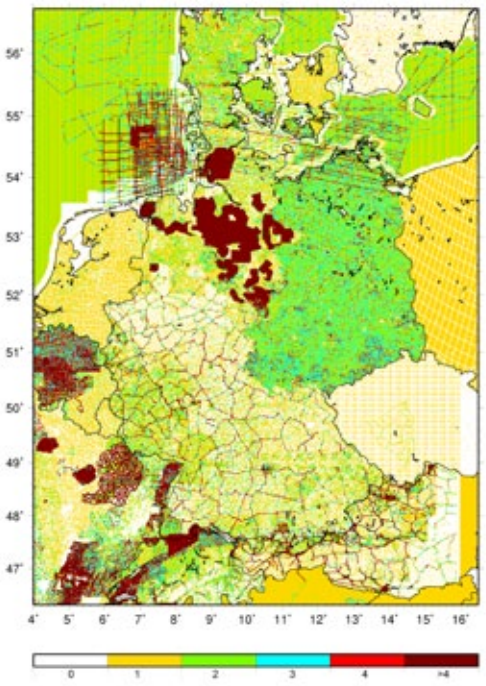


Abb. 3.3.2-2 Anzahl der Schwerewerte für die Quasigeoidmodellierung je Rasterzelle von 2 km x 2 km

so dass Beobachtungen der GOCE-Schwerefeldmission für die regionale Schwerefeldmodellierung genutzt werden können.

Die Validierung von Produkten des Schwerefeldsatelliten GOCE mittels terrestrischer Datensätze ist eine der wesentlichen Aufgaben im Rahmen des Verbundprojektes REAL-GOCE vom Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie Deutscher Forschungsgemeinschaft, an dem das BKG gemeinsam mit dem Institut für Erdmessung der Leibniz Universität Hannover beteiligt ist. Im Juli 2010 hat die ESA erste Daten und Produkte (Kugelfunktionsmodelle) von GOCE aus einer Beobachtungsperiode von ca. zwei Monaten für die Nutzergemeinschaft freigegeben. Diese Produkte, die eine räumliche Auflösung von ca. 90 km (Halbwellenlänge) liefern, wurden mit den am BKG verfügbaren terrestrischen Datensätzen, vorläufige Höhenanomalien aus der Erneuerung des DHHN sowie mit dem Quasigeoidmodell GCG05 verglichen.

Um mit der räumlichen Auflösung der GOCE-Gravitationsfeldmodelle kompatibel zu sein, die im kurzwelligen Bereich wenig Signalinformation enthalten, wurden die terrestrischen Daten im hochfrequenten Bereich entsprechend gefiltert und die Werte in einem Raster von 5'x5' verglichen bzw. es wurden alternativ die terrestrischen gravimetrischen Daten repräsentativ ausgedünnt.

Die geringsten Standardabweichungen für die Differenzen zwischen den Höhenanomalien der GOCE-Modelle und den gefilterten Höhenanomalien des GCG05 ergaben sich bei einem Gaussfilter mit einer Filterlänge zwischen 125 km und 140 km. Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Abb. 3.3.2-3 dargestellt. Es zeigt sich, dass alle drei betrachteten GOCE-only-Modelle bereits eine bessere Approximation der Höhenanomalien im Untersuchungsgebiet liefern als eines der besten, aktuellen GRACE-only-Modelle (ITG-Grace2010s). Die Höhenanomalien aller globalen GOCE-Modelle weisen bei diesen Vergleichen einen Bias gegenüber der deutschen Höhenbezugsfläche, dem GCG05, von mehr als 30 cm auf.

Alternativ wurden die GOCE-only Modelle gegen regionale Gravitationsfeldmodelle getestet, die aus terrestrischen Schwerestörungen

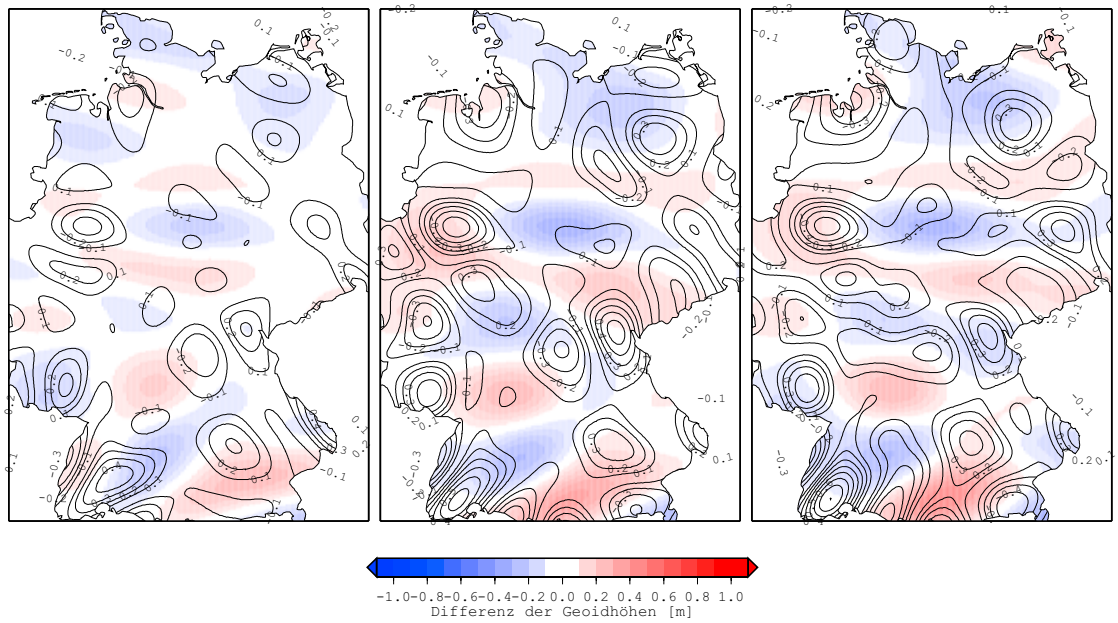


Abb. 3.3.2-3 Differenzen zwischen den Gauss-gefilterten GCG05 Höhenanomalien und den entsprechenden Werten verschiedener GOCE-Modelle: a) "direct approach" mit N=240 (links), b) "time-wise approach" mit N=224 (mittig) und c) „space-wise approach" mit N=210 (rechts) unter Verwendung einer Filterlänge von 125 km.

abgeleitet wurden und verschiedene Basisfunktionen verwenden (regionale Kugelfunktionsmodelle, alternative sphärisch-analytische Approximationen und lineare Integraldarstellungen). Es wurden die Differenzen zwischen den synthetisierten Werten der regionalen Gravitationsfeldmodelle und globaler GOCE-only Modelle in Flughöhe des GOCE-Satelliten von 254,9 km über Deutschland miteinander verglichen. Es zeigt sich, dass beide Modellgruppen unabhängig von den jeweils verwendeten Basisfunktionen und der Art ihrer Ableitung in sich homogen sind. Die regionalen Modelle, die noch keinerlei GOCE-Beobachtungen enthalten, weisen bei einer Synthese in GOCE-Flughöhe einen Bias von ca. 1 bis 1,5 mgal gegenüber den oben genannten GOCE-only Modellen auf. Bei einer Synthese der GOCE-only Modelle in den terrestrischen Beobachtungspunkten (ohne topographische o.a. Reduktionen), weisen die GOCE-only Modelle einen Bias von ca. 6 bis 7 mgal auf.

Die Ergebnisse sind unabhängig von den in beiden Modellgruppen verwendeten Ansätzen und Lösungsverfahren. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die unterschiedliche Datengrundlage zu den genannten Differenzen zwischen den beiden Modellgruppen führt.

Die gleichzeitige Verwendung von GOCE-Beobachtungen und terrestrischen Daten in regionalen Kombinationsmodellen, an denen im Rahmen des REAL-GOCE Projektes gearbeitet wird, wird dazu beitragen, verbesserte regionale Geoidmodelle abzuleiten und damit die Höhenbezugsfläche zu verbessern.

3.3.3 Geodätische Informationssysteme

EVRS

Im Jahr 2003 wurde von der EUREF Technical Working Group (EUREF - European Reference Frames) das Projekt EUVN Densification Action gestartet, um eine europaweite homogene Datenbasis für GNSS und gravimetrische Höhen zu erstellen. Mit Abschluss des Projektes 2010 enthält diese Datenbasis 1400 GNSS/Nivellementspunkte aus 25 europäischen Ländern, welche konsistent zu ETRS89 (European Ter-

restial Reference System 1989) und EVRS (European Vertical Reference System) sind.

Die Web-Seiten für dieses Projekt wurden vom BKG erstellt. Sie sind im Rahmen der EVRS Projektseiten veröffentlicht und beschreiben das Produkt, die Datenbasis und die Datenanalyse (www.bkg.bund.de/evrs > Related Projects)

CRS-EU

Im Informationssystem für europäische Koordinatenreferenzsysteme CRS-EU wurde die Beschreibung der neuen Realisierung des gesamteuropäischen Höhenreferenzsystems EVRF2007 (European Vertical Reference Frame 2007) veröffentlicht und die Transformationsparameter von den Landeshöhesystemen in das EVRF2007 für viele europäische Länder bereitgestellt. Die Transformationsparameter zum EVRF2000 sind weiterhin im System enthalten.

Zusätzlich wurde für Einzelpunkte eine Onlinehöhentransformation in die gesamteuropäischen Systemrealisierungen EVRF2000 und EVRF2007 freigeschaltet (Abb. 3.3.3). Dadurch können Landeshöhen bei bekannter Position in diese Systemrealisierungen transformiert werden (www.crs-geo.eu).

In einigen Ländern wurden neue nationale Höhenreferenzsysteme bzw. Realisierungen (Finnland, Schweden, Norwegen, Polen, Niederlande: Neumessung und neues Höhenreferenzsystem; Portugal, Litauen: Neumessung) eingeführt. Es wurden Beschreibungen der neuen Referenzsysteme erstellt, Transformationsparameter zum EVRF2000 und EVRF2007 bestimmt und in das CRS-EU übernommen. Alle inhaltlichen Änderungen und Ergänzungen wurden mit den betreffenden Ländern abgestimmt und wurden somit von diesen validiert.

GREF Webseiten

Auf den Webseiten des GREF-Stationsnetzes (gref.bkg.bund.de) wurden GPS-Kalender bereitgestellt. Als PDF-Dateien werden auf zwei Seiten im Format A4 das bürgerliche Datum der Tag des Jahres (DOY - Day of Year), die GPS-Woche mit Tag und das Modifizierte Julianische Datum für das entsprechende Jahr dargestellt.

Der GREF-Intranetauftritt wurde durch Seiten zur Qualitätskontrolle von den GNSS-Rinexdaten der GREF-Stationen ergänzt. In stündlichen Intervallen werden die Daten automatisiert ausgewertet und Qualitätsparameter wie Signalqualität, Vollständigkeit der Beobachtungen und Dateien, Anzahl der empfangenen

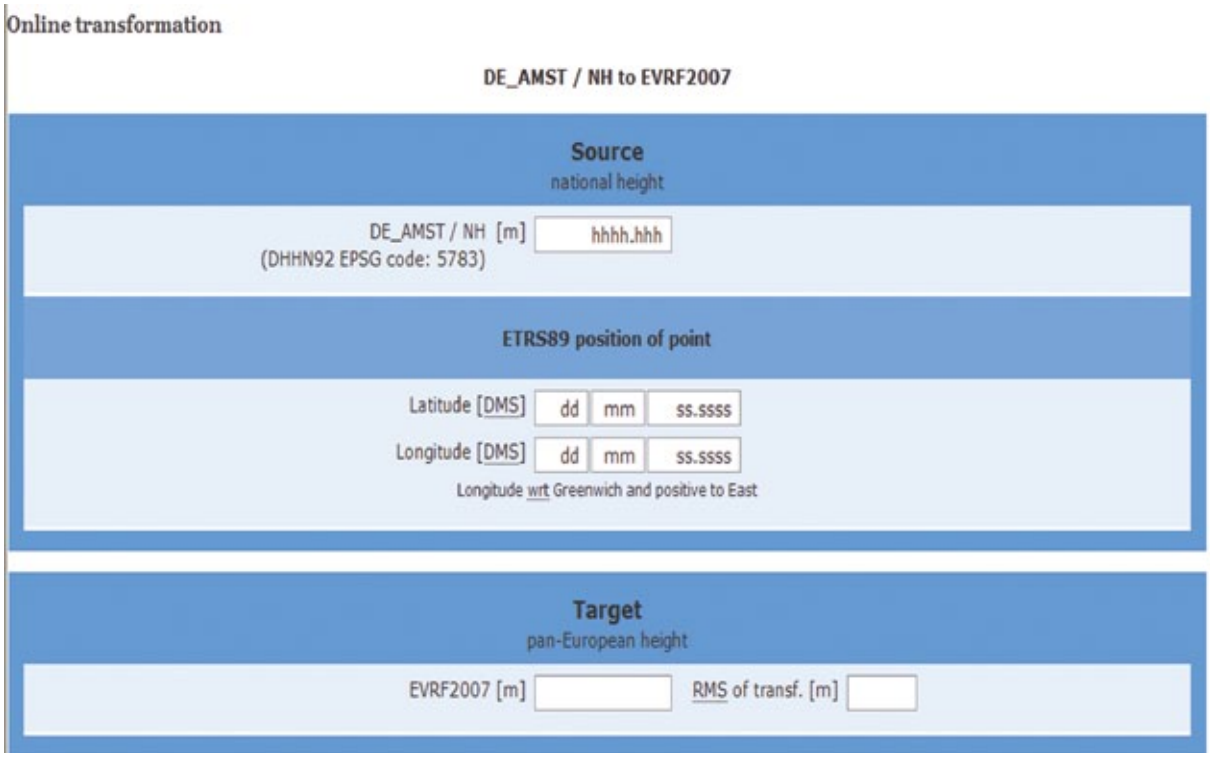


Abb. 3.3.3 Webseite der Onlinetransformation für die Höhe

Satelliten, Phasensprünge etc. berechnet und dargestellt.

Ebenfalls neu auf den GREF-Intranetseiten sind die grafischen Darstellungen von Koordinatenzeitreihen der GREF-Stationen. Aus den Koordinaten der Wochenlösungen der GNSS-Daten der GREF-Stationen werden Residuen einer linearen Regression in den Komponenten Nord, Ost und Höhe dargestellt. Die Grafiken werden wöchentlich fortgeschrieben.

BKG Webseiten

Für Arbeiten im Bereich Gravimetrie sind auf den Webseiten des BKG im Bereich Informationssysteme und Webanwendungen der Geodäsie Links zu zwei Webprojekten bereitgestellt worden. Einerseits zum Service für die Berechnung der Newtonschen Massenanziehung der Atmosphäre ATMACS (Atmospheric Attraction Computation Service) und andererseits zur Internationalen Datenbank AGrav (Absolute Gravity Database) für die Speicherung und Bereitstellung der Ergebnisse von weltweiten Absolutschweremessungen.

Die Webseiten über die deutschen, europäischen und globalen Schwerereferenzsysteme wurden überarbeitet und aktualisiert (www.bkg.bund.de/geodaesie).

3.3.4 Geodätisches Referenznetz GREF

Gegenwärtig umfasst das GREF-Stationsnetz 25 Stationen. An sechs Stationen wurden zur Prüfung der Vermarkungsstabilität turnusgemäß Kontroll- bzw. Sicherungsmessungen durchgeführt. Im Einzelnen betraf das die Stationen in Hügelheim, Helgoland, Leipzig, Borkum, Erlangen und Dresden. Die Kontrollmessungen wurden in enger Anlehnung an vorherige Messepochen durchgeführt. An vier Stationen wurden zur durchgreifenden Prüfung neben der präzisionsnivellitischen Bestimmung zusätzlich trigonometrische Messungen durchgeführt. Ein erneuter Höhenanschluss der Station Leipzig an das DHHN92 wurde feinnivellitisch gemessen.

Der im vorigen Jahr begonnene Probebetrieb mit GALILEO-kompatibler Empfängertechnologie sowie die Aufrüstung der GREF-Stationen wurden 2010 fortgeführt. Die bisherigen GNSS-Empfangsantennen sind an acht Stationen des GREF-Netzes (Leipzig, Helgoland, Borkum, Erlangen, Warnemünde, Hörnum, Dresden und Wettzell) durch neue ersetzt worden. Neben dem Empfang der Galileo-Satellitensignale stellen diese neu eingesetzten Antennen auch weiterhin den Empfang der bisher genutzten GNSS-Signale von GPS und GLONASS sicher. Um einen möglichst störungsfreien Routinebetrieb der Stationen auch während der Entwicklungs- und Einführungsphase von Galileo zu gewährleisten, werden die neuen Empfänger hierzu über einen Antennensplitter parallel zu den derzeitig verwendeten Empfängern betrieben. Der erfolgte Antennentausch wurde vermessungstechnisch überwacht, um stationsbedingte Effekte der Antennenempfangscharakteristik, die sich auf die Zeitreihen der Stationskoordinaten auswirken, ermitteln zu können. Größtenteils konnten die Übergangsmessungen des Antennenwechsels mit den anstehenden Sicherungsmessungen der Stationen kombiniert ausgeführt werden, um den Aufwand ressourcenschonend zu gestalten und Synergien zu nutzen.

Zur Gewährleistung bzw. Wiederherstellung der Stationsfunktionalität waren im Jahr 2010 elf Wartungseinsätze erforderlich. Neben dem vorsorglichen Ersatz veralteter und verschlissener Komponenten mussten vereinzelt auch ausgefallene Bauteile (Blitzschlag etc.) getauscht werden.

Die GREF-Station (WTZJ) im Geodätischen Observatorium Wettzell wurde im Gelände der Station auf einen anderen Marker (WT21) verlegt, um eine günstigere räumliche Verteilung der permanent betriebenen GNSS-Antennen des Observatoriums zu erzielen.

Auf der Vergleichsstrecke in Leipzig wurde ein Präzisionsstreckenmessgerät (Abb. 3.3.4) einer Überprüfung der Kalibrierparameter unterzogen, um die Messergebnisse dieses Gerätes korrigieren bzw. bewerten zu können. Die Kalibrierparameter wurden in einer Ausgleichung der durchgeführten Streckenmessungen in allen Kombinationen über die vorhandenen sieben Pfeiler berechnet.

In zwei wöchentlichen Kampagnen wurden gravimetrische Beobachtungen zur Ergänzung

und Überprüfung der Schweredatenbasis des BKG durchgeführt. Die gravimetrischen Messungen wurden durch parallel erfolgte realtimekinematische GNSS-Messungen georeferenziert.

Abb. 3.3.4 Messung zur Kalibrierung eines Präzisionsstreckenmessgerätes

3.4 Nationale Referenzsysteme Schwere

Die Arbeiten des Referats G4 dienen der Realisierung des Deutschen Schwerereferenzsystems und seiner Einbindung in das europäische und das internationale Bezugssystem. Das BKG stellt hiermit den nationalen Schwerestandard sicher. Es setzt für diese Aufgaben Messungen mit Supraleitenden Gravimetern (SG) an festen Standorten und Beobachtungen mit transportablen Absolutgravimetern (AG) an variierenden Orten ein. Mit den Beobachtungen der AG wird die Schwerebeschleunigung am Messort für eine Messepoche ermittelt und in SI-Einheiten angegeben. Die erzielbare Messgenauigkeit der Absolutschweremessungen liegt bei 20 – 30 nm/s² (relative Genauigkeit 2-3 * 10-9) für das FG5-Absolutgravimeter. Mit den SG werden die zeitlichen Variationen der Schwerebeschleunigung mit einer deutlich höheren Auflösung (ca. 0,1 nm/s²) bestimmt. Sie dienen damit zur Ergänzung der Schwerebestimmung und Untersuchung zeitabhängiger gravimetrischer Effekte und ermöglichen die Untersuchung von Umgebungseinflüssen, die Entwicklung von Korrekturmodellen und eine Verknüpfung mit anderen Beobachtungsgrößen. Wegen ihrer Sensitivität gegenüber Höhen-und Massenänderungen gewinnen die gravimetrischen Messungen eine besondere Bedeutung bei der Überwachung der Stabilität des Höhensystems und bei Untersuchungen von Massenvariationen wie zum Beispiel hydrologisch bedingten Veränderungen der Umwelt.

Das BKG führt wiederholte Messungen im Deutschen Schweregrundnetz (DSGN), auf ausgewählten Stationen des GREF-Netzes sowie im europäischen Bereich auf Stationen des ECGN (European Combined Geodetic Network) aus. Die Absolutschweremessungen auf Feldstationen finden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen Deutschland statt.

Neben ihrer Bedeutung für ein physikalisch definiertes Referenzsystem fließen die Schwerewerte in die Verbesserung der Geoidmodelle ein, die die Höhenbezugsfläche der Landesvermessung bilden.

3.4.1 Deutsches Schwerereferenzsystem (DSRS)

Zur langfristigen Absicherung des Deutschen Schwerereferenzsystems in Niveau und Maßstab erfolgten im Berichtszeitraum absolute Schweremessungen auf den Stationen mit Supraleitenden Gravimetern; in Deutschland sind das die Stationen Wettzell, Bad Homburg, Moxa (Universität Jena) und seit 2010 auch Schiltach (Karlsruher Instituts für Technologie und Universität Stuttgart). Die Messungen ermöglichen hier die Überwachung der Eichfaktoren und der instrumentellen Driften der SG. Durch die Verknüpfung der AG-und SG-Daten ergibt sich ein zeitabhängiges Schweresignal hoher Auflösung, das für weitere Arbeiten z.B. im Zusammenhang mit hydrologischen Untersuchungen oder der Satellitenschwerefeldmissionen geeignet ist. Weiterhin lassen sich instrumentelle Nullpunktdriften des SG und säkulare Schwereänderungen an der Station voneinander trennen. Der neue Absolutpunkt im Schwarzwaldobservatorium in Schiltach befindet sich im hinteren Bereich der stillgelegten Grube Anton in unmittelbarer Nähe des SG, ca. 600 m vom Stolleneingang entfernt. Die Messung stellte wegen der ungewöhnlichen Umgebungsbedingungen eine Herausforderung für alle Beteiligten dar, konnte aber trotzdem mit sehr gutem Ergebnis abgeschlossen werden.

Deutsches Schweregrundnetz 1994

Das im Jahre 1994 durch Absolutschweremessungen bestimmte Deutsche Schweregrundnetz (DSGN94) mit 30 Absolutschwerepunkten legt das Datum für die nationalen Schwerenetze der Landesvermessung fest. Das BKG hat die Verantwortung für seine Erhaltung und Laufendhaltung übernommen und führt auf den DSGN94-Stationen in regelmäßigen Abständen bzw. im Bedarfsfall bei baulichen Veränderungen Überwachungsmessungen aus. Im Berichtszeitraum wurden Messungen für eine Neufestlegung des Zentrums in Kassel ausgeführt. Auch mussten beide Exzentren der Punktgruppe in Hamburg erneuert werden. Die relativen Anschlussmessungen wurden vorgenommen. Gleichzeitig wurde anhand der Ergebnisse der Wiederholungsmessungen und vorliegender Änderungshinweise der Zustand des DSGN94 analysiert und die notwendigen Aufgaben für die Folgejahre abgeleitet.

GREF

Auf Stationen des integrierten geodätischen Festpunktnetzes in Deutschland (GREF) treffen permanente GNSS-Beobachtungen, Anschlüsse an das Höhennetz und absolute Schweremessungen zusammen. Soweit möglich, sind auch Anschlüsse an Meerespegel realisiert. Wiederholte Schweremessungen sollen Vergleiche der Zeitreihen zu den GNSS-Beobachtungen ermöglichen. 2010 wurden Wiederholungsmessungen auf den GREF-Stationen in Dillingen, Lindenberg, Gorleben, Warnemünde, Hörnum, Erlangen, Helgoland, Karlsruhe und Moxa ausgeführt.

Neuanlage von Absolutschwerestationen höchster Genauigkeit

An der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), Institut Berlin, soll in einem langfristigen Forschungsprogramm die Einheit „Kelvin“ neu definiert werden. In diesem Zusammenhang wurde im Laborbereich der PTB im September 2010 eine Absolutschweremessung ausgeführt und der ermittelte Schwerewert durch relativen Anschluss an den vorgegebenen Bezugspunkt übertragen.

Gleichzeitig wurde im Rahmen dieser Messkampagne ein Schwerepunkt mit einer den Stationen des DSGN94 vergleichbareren Genauigkeit für die allgemeine Nutzung durch Dritte in Berlin geschaffen. Dieser Punkt wurde in Absprache mit der Verwaltung des PTB Instituts Berlin im Keller des Werner-von-Siemens-Baus festgelegt, durch eine Messung mit dem AG FG5-101 bestimmt und mit einem Exzentrum gesichert.

Die Arbeiten der Arbeitsgruppe Quantenoptik und Metrologie im Institut für Physik der Humboldt-Universität Berlin zum Bau eines Präzisionsgravimeters auf der Basis eines Atominterferometers wurden durch die Schaffung eines Vergleichspunktes im Laborbereich des Lise-Meitner-Baus in Berlin Adlershof unterstützt. Mit dem AG FG5-101 wurde dort eine Punktbestimmung durchgeführt und der Schwerewert durch relative Anschlussmessungen an weitere Orte im Laborbereich übertragen.

Im Auftrag des Amtes für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen Schwerin wurde der Hauptpunkt des Schwerenetzes von Mecklenburg-Vorpommern im Gebäude der Dienststelle in Schwerin mit einem AG bestimmt. Die Messung fand im Juli 2010 statt und bestätigte im Rahmen der erreichten Genauigkeit den Schwerewert für diesen Punkt, der gleichzeitig Bestandteil des Deutschen Hauptschwerenetzes 96 (DHSN96) ist.

Gravimetrische Referenzstation Bad Homburg

Die Station Bad Homburg wird seit 30 Jahren für Messungen mit Supraleitenden Gravimetern genutzt und dient als Vergleichsstation für Absolutgravimeter. Im Berichtszeitraum wurde bis Juni 2010 dort ein Parallelbetrieb des SG-030 und des SG-044 ausgeführt, um Instrumentenuntersuchungen am SG-030 ausführen zu können. Dieses SG wurde dann nach Wettzell umgesetzt.

Im Jahr 2010 wurden neun Absolutmessungen mit FG5-Gravimetern bzw. elf Messungen mit A10- Gravimetern zur Überprüfen der Funktionalität der AG bzw. zum Stützen der gravimetrischen Zeitreihe ausgeführt. An der Station werden zwei registrierende Grundwasserpegel betrieben.

Abb. 3.4.1-1 Neues Gravimeterhaus in Wettzell nach seiner Fertigstellung im Frühjahr 2010

Gravimetrische Referenzstation Wettzell

Im Zuge der Errichtung des VLBI-Twin-Teleskops wurde ein neues Gravimeterhaus in einem Stationsbereich gebaut, der Störungen des Supraleitenden Gravimeters durch den Betrieb der neuen Teleskope ausschließt. Mit der Installation des SG-030, das nach dem Umbau ab Februar 2008 im Testbetrieb in der Station Bad Hom-

burg war, wurde das neue Gebäude Mitte Juni 2010 bezogen. Die Initialisierung des SG-030 wurde dabei über Internet von Mitarbeitern der Herstellerfirma durchgeführt.

Abb. 3.4.1-2 Blick in den Messraum für das SG während der Installation des SG-030 im Juni 2010

Das Gravimeter SG-029 wurde bis Mitte Oktober 2010 im alten Gravimeterhaus weiter betrieben. Der Betrieb konnte nur durch Verflüssigung von Heliumgas sichergestellt werden, da der Transfer von flüssigem Helium nur noch eingeschränkt möglich war. Ende Oktober wurde das Instrument schließlich zur Modernisierung an den Hersteller geschickt. Dort wurde das Messsystem in einen kleineren und deutlich effizienteren Dewar eingebaut und mit einem sparsamen neuen Kühlsystem ausgestattet. Das Gravimeter wurde im Dezember gekühlt aus den USA zurückgeliefert und zunächst in Frankfurt an das Kühlsystem angeschlossen um den Heliumvorrat durch Verflüssigung von Heliumgas wieder aufzufüllen (ca. 1 Liter/Tag). Zukünftig soll dieses Gravimeter in der Station Bad Homburg betrieben werden.

Durch die Parallelmessungen der beiden Supraleitenden Gravimeter ist die lückenlose Fortsetzung der Schwerzeitreihe gesichert worden. Außerdem war daraus die Bestimmung der nichtlinearen instrumentellen Drift des SG-030 nach der Initialisierung möglich. Weiterhin bietet die Parallelregistrierung die Möglichkeit, die Auswirkung lokaler Wasserspeicheränderungen an beiden Standorten zu vergleichen.

In Kooperation mit dem Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 5.4 Ingenieurhydrologie, wurden die detaillierten hydrologischen Untersuchungen im Umfeld des Gravimeterstandortes Wettzell fortgeführt. Aus den Daten des Lysimeters, das in der Nähe des Gravimeterhauses installiert ist, konnten entscheidende Parameter zur Modellierung der ungesättigten Zone gewonnen werden. Die so modellierten Massenvariationen erklären den größten Teil des residualen Schweresignals und validieren so das hydrologische Modell. Daraus abgeleitete empirische Modelle dienten als Reduktionen für den Vergleich mit den Schwerefeldmodellen der Satellitenmission GRACE. Die Ergebnisse sind in gemeinsamen Publikationen sowie der Dissertation von Herrn Dr. B. Creutzfeldt dokumentiert.

Im Zuge des Neubaus des Gravimeterhauses erfolgten Absolutschweremessungen und Bestimmungen des vertikalen Schweregradienten für die neuen Beobachtungspfeiler.

Für die Überwachung der Stabilität der geokinematischen Verhältnisse in der Umgebung der Referenzstation Wettzell wurde in den 1980er Jahren ein Überwachungsnetz unter Berücksichtigung der Bruchzone „Antonius-Pfahl“, ca. 6 km südlich der Station, angelegt. Dieses Überwachungsnetz wurde 2010 mit zwei CG5-Relativgravimetern erneut vermessen.

3.4.2 Beitrag zum Internationalen Schwerereferenzsystem

Station Medicina

Die seit Oktober 1996 laufende Registrierung des Supraleitenden Gravimeters SG-023 wurde ununterbrochen fortgesetzt. Die Beobachtungen dienen der Gezeitenanalyse, der Validierung von vertikalen Deformationen, die mittels der geometrischen geodätischen Messsysteme GPS, VLBI, und InSAR ermittelt werden, sowie der Untersuchung des Einflusses von Atmosphäre und Wasserspeicheränderungen auf die gravimetrischen Sensoren (AG und SG).

Die Effizienz der aus Wettermodellen des Deutschen Wetterdienstes berechneten atmosphärischen Korrekturen konnte nachgewiesen werden. Eine Modellierung des gravimetrischen Effektes durch Wasserspeicheränderung aus globalen Hydrologiemodellen zeigte gute

Übereinstimmung mit der Registrierung. Beide Modellierungen ermöglichen einen verbesserten Vergleich von geometrischen und physikalischen geodätischen Messgrößen.

Regelmäßige Absolutschweremessungen werden nicht nur vom BKG, sondern ab 2010 auch durch die Italienische Raumfahrtagentur ASI mit dem FG5-218 durchgeführt. Durch die Messung der zeitlichen Schwereänderungen mit dem supraleitenden Gravimeter, ergibt sich die Möglichkeit, die Absolutgravimeter von BKG und ASI zu vergleichen. Damit trägt die Station zur Realisierung eines einheitlichen Schwerestandards in Europa bei.

TIGO in Concepcion (Chile)

Das Supraleitende Gravimeter SG-038 wurde Mitte Dezember 2009 nach Umbau beim Hersteller (neuer Dewar und neues Kühlsystem) wieder in Betrieb genommen. Parallel dazu fanden die wöchentlichen Absolutmessungen mit dem FG5-227 statt.

Durch das schwere Erdbeben der Magnitude 8.8 vom 27.02.2010 in nur 80 km Entfernung wurden beide Gravimeter in Mitleidenschaft gezogen. Obwohl das FG5-227 während des Erdbebens umgestürzt ist, konnte bereits am

Abb. 3.4.2-1 Blick auf das während des Erbebens am 27.2.2010 umgestürzte Absolutgravimeter FG5-227

06.03.2010 eine erste Messung durchgeführt werden. Die Registrierung des supraleitenden Gravimeters war unterbrochen. Da durch die leistungsfähige Notstromversorgung eine durchgängige Funktion des Kühlsystems gewährleistet war, konnte die Zeitreihe nach Wiederherstellung der Vertikalität und Zentrierung des Messsystems mit Unterstützung des Herstellers über das Internet ab 17.03.2010 fortgesetzt werden.

Abb. 3.4.2-2 Gerätecheck während der AG-Vergleichskampagne in Concepcion im April 2010

Durch zahllose Nachbeben sowie hohe Mikroseismik war die Zeitreihe im weiteren Verlauf abschnittsweise stark gestört. Durch Kombination mit den vielen vorliegenden Absolutschweremessungen ist jedoch eine Bestimmung von Sprungkorrekturen möglich gewesen.

Vom 22.04. bis 05.05.2010 wurde eine Vergleichskampagne durch zwei Mitarbeiter des BKG mit dem Absolutgravimeter FG5-101 vor Ort organisiert, in dessen Zuge die Zuverlässigkeit der Messungen des FG5-227 nachgewiesen werden konnte.

Zusammen mit der Schwerezeitreihe aus der Kombination von SG- und AG-Messungen konnte schließlich eine sprunghafte Schwereänderung von 100 nm/s2 von den saisonalen Variationen separiert werden. Damit ist TIGO die weltweit erste Station, auf der eine coseimische Schwereänderung durch Messungen im Bereich der Deformationszone nachgewiesen werden konnte.

Ausbau der Station Wettzell zur Regionalen Vergleichsstation für Absolutgravimeter

Im Rahmen einer Regionalen Internationalen Absolutgravimeter Vergleichskampagne (RICAG_WE 2010) wurde das neue Gravimeterhaus in Wettzell erstmals vollständig gravimetrisch vermessen. Die Messungen im neuen Gravimeterhaus bestätigten durch die sehr geringen Drop-Standardabweichungen die Eignung des Hauses als Vergleichsstation für Absolutgravimeter. Durch die Entscheidung des BIPM, in Zukunft nicht mehr für internationale Absolutgravimetervergleiche zur Verfügung zu stehen, gewinnt ein regionales Netz von Absolutgravimeter-Vergleichsstationen eine tragende Bedeutung für das internationale Schwerereferenzsystem.

Abb. 3.4.2-3 Das neugebaute Gravimeterhaus in Wettzell bietet gute Voraussetzungen für die gleichzeitige Messung von vier AG (hier: Blick in den AG-Raum während des RICAG_WE 2010)

Das neue Gravimeterhaus in Wettzell kann dazu in den nächsten Jahrzehnten durch seine moderne Ausstattung, durch den permanenten Betrieb des supraleitenden Gravimeters SG-030 und den 4 zur Verfügung stehenden Pfeilern für Absolutgravimetermessungen einen wichtigen Beitrag liefern.

Das im Juni 2010 in diesem Gebäude installierte supraleitende Gravimeter SG-030 erlaubte schon beim RICAG_WE 2010 mit seinem kontinuierlichen Schweresignal die Trennung von zeitlichen Schwerevariationen von Instrumentenoffsets. An dieser Vergleichskampagne beteiligten sich Teams aus Schweden, der Tschechischen Republik und Deutschland mit 5 Absolutgravimetern vom Typ FG5. Zwischen diesen Gravimetern konnte eine Übereinstimmung von besser als ± 30 nm s-2 beobachtet werden.

ECGN – European Combined Geodetic Network

Um die Einbindung des Deutschen Schwerereferenzsystems in das Europäische Terrestrische Referenzsystem zu sichern und zeitabhängige Einflüsse des Systems Erde auf die Höhenkomponente im Rahmen der steigenden Messgenauigkeit erfassen und abschätzen zu können, erfolgten Schweremessungen auf ausgewählten Stationen in Europa.

Das europäische Gemeinschaftsprojekt „European Combined Geodetic Network ECGN“, unter dem Dach von EUREF und der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) verfolgt das Ziel, ein integriertes kinematisches Referenznetz höchster Genauigkeit in Europa aufzubauen. Die geometrischen Verfahren (Präzisionsnivellement, GNSS-und Meerespiegelbeobachtungen) werden mit den physikalischen Verfahren (absolute Schweremessungen und Messungen der Supraleitenden Gravimeter) auf den Stationen kombiniert und ermöglichen so die unabhängige Überprüfung von Änderungen der Höhenkomponente. Absolute Schweremessungen hierzu erfolgten, neben den bereits genannten Stationen Wettzell und Bad Homburg, in Moxa (Zusammenarbeit mit der Universität Jena) sowie in Medicina und Bologna (Italien, Zusammenarbeit mit der Universität Bologna).

Im März 2010 fand eine Referenzmessung auf der Permanentstation des EOST Straßburg mit dem FG5-101 parallel zu dem dort registrierendem Supraleitgravimeter statt.

3.4.3 Projektarbeiten zur Schwerefeldbestimmung

Messeinsätze in Deutschland mit dem A10-Absolutgravimeter

Seit dem Frühjahr 2009 werden im Rahmen der Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes (DHHN) Absolutschweremessungen auf 100 Feldstationen durchgeführt. Auftraggeber dieser Arbeiten ist die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV).

Abb. 3.4.3-1 Übersicht der 2009 und 2010 beobachteten A10-Stationen im Rahmen der Erneuerung des DHHN und der Zusatzmessungen für einzelne Bundesländer

Ergänzende Absolutschweremessungen werden im Auftrag von Vermessungsbehörden der Länder durchgeführt, um ein Netz langzeitstabiler Geodätischer Grundnetzpunkte einzurichten. Es wird erwartet, dass auf diese Weise noch eine zusätzliche Anzahl von bis zu 50 Punkten neu errichtet und vermessen wird.

Im Dialog mit der DHHN-Projektgruppe der AdV wurde ein Datenabgabe-Protokoll erstellt, mit dessen Hilfe die Ergebnisse der Absolutschweremessungen einheitlich und AFIS-konform an die Bundesländer übergeben werden können.

Innerhalb beider Projekte wurden in diesem Jahr während sechs Messkampagnen A10-Absolutschweremessungen auf insgesamt 67 Feldstationen durchgeführt (47 DHHN-Punkte, 14 Wiederholungsmessungen auf DHHN-Punkten, vier Zusatzmessungen für Mecklenburg-Vorpommern, zwei Zusatzmessungen für das Saarland). Die durchgeführten Kampagnen schließen die Kontrollmessungen auf der Referenzstation Bad Homburg zu Beginn und am Ende jeder Kampagne sowie die regelmäßige Kontrolle der Instrumentenstandards von Laser und Atomuhr ein.

Die Feldmessungen auf 100 Punkten mit dem A10-Absolutgravimeter im Rahmen der DHHN-Erneuerung sind damit abgeschlossen. Die Absolutmessungen wurden an jedem DHHN-Punkt um Relativschweremessungen zur Bestimmung des lokalen vertikalen Schweregradienten ergänzt. Nach Auswertung der Daten werden die Datenabgabe-Protokolle gesammelt an die DHHN-Projektgruppe weitergeleitet.

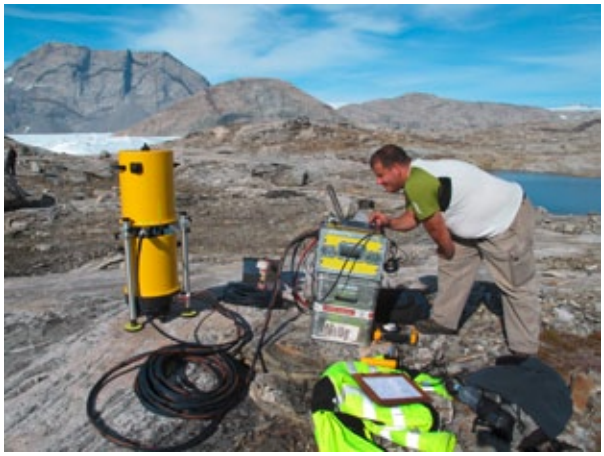
Im Zuge einer Messkampagne in Norddeutschland erfolgte eine grenzübergreifende Kooperation mit dem Danish National Space Center (DTU Space) der Universität Kopenhagen. Dabei wurden auf vier Punkten im Grenzgebiet (jeweils zwei Punkte auf dänischer und deutscher Seite) zeitgleich Absolutschweremessungen mit dem dänischen A10-019 und dem A10-002 des BKG ausgeführt. Damit ist neben einem Vergleich beider Instrumente auch eine Verknüpfung der Schwerenetze beider Länder gegeben.

A10-Messungen in Grönland

In Kooperation mit dem Danish National Space Center (DTU Space) der Universität Kopenhagen, der Universität von Luxemburg und der Ohio State University übernahm das BKG die Durchführung von Absolutschweremessungen mit dem A10 auf 12 Feldpunkten an der Südostküste Grönlands. Alle Stationen gehören zum permanenten GPS-Netz „GNET“ mit dessen Hilfe in ganz Grönland rezente Krustenbewegungen detektiert werden sollen, aus denen dann Eismassenänderungen abgeleitet werden können. Wiederholte AG-Messungen liefern hierbei eine wichtige Ergänzung, da neben Höhenänderungen die Massenänderungen direkt beobachtet werden können.

Auf fünf der zwölf Feldpunkte stellten die A10-Messungen des BKG vom August 2010 die erstmalige Wiederholung der Beobachtungen dar, die DTU Space im Jahr 2009 ausgeführt hatte. Die übrigen sieben Stationen wurden erstmalig mit einem AG beobachtet und entsprechend den Anforderungen dieser Messungen nahe der GPS-Antennen neu vermarkt. Zwei weitere ursprünglich geplante Feldpunkte konnten wegen ungenügender Aufstellbedingungen für das A10 bzw. wegen schlechten Wetters nicht beobachtet werden. Der Punkt mit der (nach Angaben von DTU Space) stärksten Vertikalbe-

wegung wurde innerhalb von vier Tagen ein weiteres Mal gemessen, um das Ergebnis für den Vergleich mit der Erstmessung aus 2009 abzusichern.



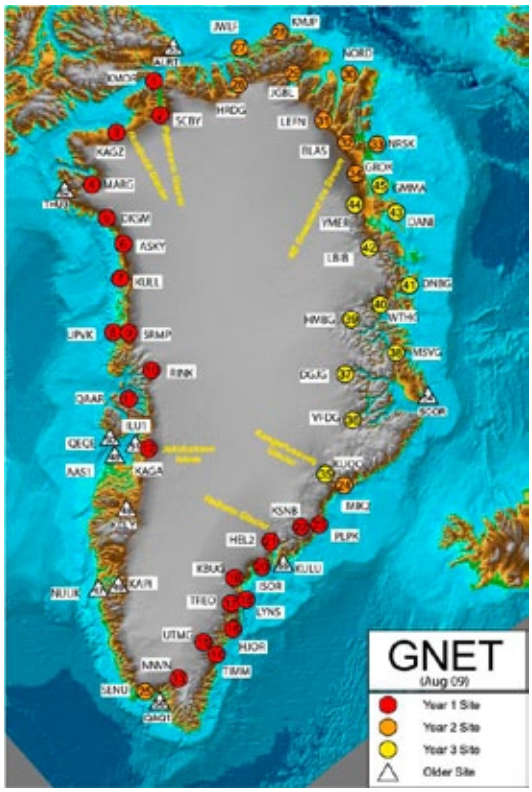


Abb. 3.4.3-2/3 Das Feldabsolutgravimeter A10-002 des BKG im Einsatz an einer Station des GNET in Südost-Grönland

Im Rahmen der durchgeführte Kampagne wurden Kontrollmessungen auf den Referenzstationen Bad Homburg, Frankfurt/Main und Kopenhagen zu Beginn und am Ende der Kampagne durchgeführt sowie die im A10-Gravimeter verwendeten Instrumentenstandards Laserfrequenz und Frequenz der Atomuhr kontrolliert.

Relative Schweremessungen zur Geoidbestimmung

Für die Ableitung eines neuen Geoids für die Bundesrepublik Deutschland werden u.a. homogen verteilte Oberflächenschwerewerte für das gesamte Territorium benötigt. Die in der Schweredatenbank bisher vorliegenden Werte wurden aus sehr verschiedenen Quellen und unterschiedlichen Epochen zusammengestellt. In einzelnen Landesteilen entspricht die Punktdichte der vorliegenden Schweredaten noch nicht den Erfordernissen für eine homogene Berechnung der Schwereanomalien. Für einzelne Werte ist nicht bekannt, mit welcher Genauigkeit deren Bestimmung erfolgte. In zwei Messungskampagnen wurden Punktverdichtungen und Überprüfungen in Gebieten der Länder Hessen, Nordrhein-Westfahlen, Rheinland-Pfalz und Bayern mit relativen Anschlussmessungen realisiert. Dabei wurden insgesamt 128 Punkte neu vermessen.

Abb. 3.4.3-4 Gleichzeitige GNNS- Beobachtungen und Realtivgravimetermessungen zur Verdichtung und Überprüfung vorhandener Schwereinformationen zur Geoidbestimmung

GGP – Global Geodynamics Project

Mit den Beobachtungsreihen der vier Supraleitenden Gravimeter des BKG in Wettzell, Bad Homburg, Medicina (Italien) und Concepcion (Chile) trägt das BKG zum internationalen Dienst des „Global Geodynamics Project GGP“ bei (http://www.eas.slu.edu/GGP/ggphome.html).

Die Messdaten aller Stationen werden im Routinebetrieb überprüft, vorverarbeitet und dann als Rohdaten und als korrigierte Datensätze in die GGP-Datenbank eingestellt.

Tabelle 3.4.3 Beitrag des BKG zur Datenbank des „Global Geodynamics Project - GGP

Gravimeter	Rohdaten (*00.GGP)	Logfiles (*.LOG)	Grundwasser etc. (*.AUX)
SG-029 Wettzell	11/98 - 10/10 Ende wg. Umbau	03/01 - 10/10	10/98 - 10/10
SG-030	02/01 - 04/07 Ende wg. Umbau	02/01 - 04/07	02/04 - 09/10
SG-044 Bad Homburg	02/07 - 12/10	02/07 - 08/10	
SG-23 Medicina It.	01/98 - 12/10	01/98 - 09/10	01/98 - 09/10
SG-038 TIGO Chile	12/02 - 06/08 Umbau 12/09 - 12/10	01/03 - 06/08 12/09 - 10/10	12/02 - 06/08 12/09 - 10/10

Zeiträume in Monat / Jahr

Für das SG-029 liegen zusätzlich auch korrigierte Daten (*01.GGP) für den Zeitraum 04/01-12/03 in der GGP-Datenbank vor.

DFG Schwerpunktprogramm „Massentransporte und Massenverteilung im System Erde“ Projekt TASMAGOG

Im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms „Massentransporte und Massenverteilung im System Erde“ wurde gemeinsam mit dem Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) und der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU) das Projekt „Temporal and spatial multiscale assessment of mass transport by combination of gravity observations from GRACE and terrestrial stations“ - TASMAGOG fortgeführt, in dem die terrestrischen Schwerezeitreihen der Supraleitenden Gravimeter (SG) des GGP (Global Geodynamics Project) mit den zeitvariablen Satellitenschwerefeldmodellen der GRACE-Mission verglichen werden.

Zielsetzung war, eine optimale Filterung der GRACE Schwerefeldmodelle auszuwählen. Voraussetzung dafür ist die Abtrennung lokalspezifischer Signalanteile in den terrestrischen Zeitreihen. Für den erweiterten Zeitraum 2003-2008 erfolgte durch das BKG die Aufbereitung der SG Zeitreihen und deren Kombination mit Absolutschweremessungen für die Stationen Bad Homburg, Wettzell und Medicina. Mit einer Modellrechnung konnte für die Station Bad Homburg gezeigt werden, dass der Einfluss lokaler Wasserspeicheränderungen nur gering ist. Die geometrische Stabilität der am Projekt beteiligten Stationen wurde durch den Vergleich mit GNSS-Zeitreihen validiert.

3.4.4 Entwicklungsarbeiten

Datenbank für Absolutschweremessungen

Die Datenbank für die Absolutschweremessungen wurde weiter optimiert. In enger Zusammenarbeit mit dem BGI (Bureau Gravimétrique International) wird das System auf zwei gespiegelten Servern in Toulouse beim BGI und in Frankfurt (BKG) betrieben (http://agrav.bkg.bund.de/).

Bestimmung der Instrumenteneigenschaften der Supraleitenden Gravimeter

Die Bestimmung der Übertragungseigenschaften von Mess- und Regelsystem der Supraleitenden Gravimeter stellt eine grundlegende Voraussetzung für die Auswertung der Zeitreihen dar. Aus der Systemantwort auf zusätzlich induzierte Signale kann die frequenzabhängige Übertragungsfunktion abgeleitet werden. Die Übertragungseigenschaften des Gravimeters SG030 wurden intensiv untersucht, um Widersprüche zwischen der ermittelten Transferfunktion und der Auswertung der regulären Messungen auszuräumen.

Auf der Station Wettzell registrierten die beiden Supraleitenden Gravimeter SG-029 und SG-029 für vier Monate parallel im alten und neuen Gravimeterhaus. Dies ermöglichte die Untersuchung des nichtlinearen Driftverhaltens des neu initialisierten SG-030, das durch eine linear-exponentielle Funktion beschrieben wurde.

3.5 Geodätische Observatorien des BKG

Die Aufgaben des Geodätischen Observatoriums Wettzell umfassen im wesentlichen die Bereiche der Datengewinnung zur Laufendhaltung der nationalen, europäischen und globalen Bezugssysteme, den Betrieb und die Weiterentwicklung der Messsysteme, die Entwicklung neuer Messsysteme sowie die Vertretung dieses Bereichs in internationalen Gremien. Im Einzelnen werden folgende Produkte bearbeitet:

- Datengewinnung VLBI: Radiointerferometrische Messungen zu Quasaren (VLBI),
- Datengewinnung SLR: Entfernungsmessungen zu künstlichen Satelliten und zu den Reflektoren auf dem Mond (SLR/LLR) (LLR - Lunar Laser Ranging),
- Datengewinnung GNSS: Beobachtungen zu den Satelliten der Navigationssysteme GPS, GLONASS und Galileo.

Ergänzend werden ortsbezogene Beobachtungen durchgeführt, die lokal-spezifische Informationen für die Raumverfahren liefern. Diese Arbeiten werden im Produkt „lokale Messdaten und fachspezifische Dienstleistungen“ erbracht. Hierzu zählen:

- Zeit- und Frequenzmessungen zur Bereitstellung der Zeitskala und der Bezugsfrequenzen,
- Messungen mit supraleitenden Gravimetern zur Erfassung örtlicher Schwereänderungen,
- Bestimmung der Variation der Erdrotation mit großen Ringlasern,
- Aufzeichnung von Erdbeben mit Seismographen und
- geodätische Messungen zur Bestimmung der Verbindungsvektoren zwischen den einzelnen Messsystemen und zur lokalen Stabilitätskontrolle.

Zum Verantwortungsbereich des Geodätischen Observatoriums Wettzell gehört das Transportable Integrierte Geodätische Observatorium (TIGO), das in Concepcion/Chile stationiert ist, und die German Antarctic Receiving Station (GARS) in O’Higgins/Antarktis (Abb. 3.5-2). GARS wird gemeinsam vom BKG mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betrieben.

Abb. 3.5-1 Die neue Silhouette des geodätischen Observatoriums Wettzell inklusive der TWIN Teleskope

3.5.1 Datengewinnung VLBI

Für die Datengewinnung VLBI stehen das

- 20 m-Radioteleskop des Geodätischen Observatoriums Wettzell (RTW), das
- 6 m-TIGO-Radioteleskop in Concepcion (TIGO-VLBI-Modul) und das
- 9 m–Radioteleskop O'Higgins (OHIG)

zur Verfügung.

Die damit gewonnenen radiointerferometrischen Messungen liefern Beiträge zur Laufendhaltung des raumfesten Bezugssystems (ICRF) und des erdfesten Bezugssystems (ITRF) sowie zur Ableitung von Erdrotationsparametern (EOP), die zur Transformation zwischen beiden Bezugssystemen benötigt werden. Beobachtet werden von Quasaren ausgesandte Mikrowellen in den Frequenzbereichen des S- und X-Bands. Die Signalverläufe werden auf verschiedenen Stationen gleichzeitig und mit lokalen Zeitinformationen versehen auf die Datenträger aufgezeichnet. Durch Korrelation aller gleichzeitig beobachteten Daten werden die eigentlichen Messgrößen, die Laufzeitdifferenzen der Signale von den Quasaren zu den unterschiedlichen Stationen, ermittelt. Zur Korrelation betreibt das BKG gemeinsam mit dem Max Planck Institut für Radioastronomie (MPIfR) und dem Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn (GIUB) einen MK5 Korrelator (BOCO) und in ersten Tests einen DiFX Softwarekorrelator.

Abb. 3.5.1-1/2 Montage des 20m-Reflektors

Beobachtungen und Betrieb

Das 20 m-Radioteleskop Wettzell und das TIGO-Radioteleskop in Chile führten im Berichtszeitraum die Messungen durch. Infolge eines Lagerschadens am Radioteleskop in Wettzell und den Folgen des schweren Erdbebens vom 27.02.2010 in Chile konnte an den geplanten Beobachtungen nicht in vollem Umfang teilgenommen werden. Kampagnenweise wurde mit dem Teleskop in O'Higgins (Antarktis) beobachtet. Die Beobachtungen werden vom IVS koordiniert.

Die Beobachtungsreihen IVS Rapid-1 (R1, montags) und Rapid-4 (R4, donnerstags), IVS Terrestrial Reference Frame Observations (T2, dienstags), European Geodetic VLBI Network (EUR), IVS Research & Development of „high redshift" radio sources (RD) und Astrometric/Geodetic Observations (RDV) wurden im Berichtsjahr 2010 mit anhaltendem Engagement durchgeführt. Ein Lagerschaden zwang allerdings zu einer Reduktion der Beobachtungslast, so dass nur 55 24h-Experimente beobachtet werden konnten, bis die Reparatur durchgeführt wurde. Die Ausfälle wegen technischer Störungen wurden weiter reduziert und konnten meist unter sechs Stunden innerhalb eines Experimentes gehalten werden, so dass die Korrelation noch ausgeführt werden konnte.

Die wöchentlich wiederkehrenden Experimente R1 und R4 dienen dabei zur Bestimmung der Erdrotationsparameter (EOP), die die Rotationsachse im ICRF (Himmelspol) sowie im ITRF (Polbewegung) als auch Schwankungen der Rotationsgeschwindigkeit (DUT1) beschreiben. Die monatlich wiederkehrenden Experimente T2 dienen zur Ableitung der Stationskoordinaten, insbesondere zur Bestimmung deren zeitliche Veränderungen als Folge der Kontinentalverschiebungen. RD-Messungen wurden durch-

geführt, um Systematiken in der Messtechnik aufzudecken und um die Leistungsfähigkeit des Messverfahrens zu verbessern. Darüber hinaus fanden Messserien mit regionalen Schwerpunkten wie „EUROP“ statt.

Aufgrund der hohen Betriebsauslastung in den letzten Jahren wurde Anfang 2010 ein Schaden an den Elevationslagern diagnostiziert. Dieser wurde mittels einer Inspektionsmaßnahme durch die Firma in einem Abschlussbericht im März bestätigt. Darin wurde nach Geräuschuntersuchungen, Rundlauf-, Getriebelose-, Verriegelungsbolzen- und Planschlagmessung rechtsseitig ein Verschleiß von 2 mm und linkseitig von 0,5 mm festgestellt. Da dies eindeutige Indizien stark geschädigter Lager darstellten, wurde ab April die Beobachtungslast auf 40 Prozent der herkömmlichen Last gesenkt, um bis zu einer Reparatur einem Totalausfall vorzubeugen. Zusätzlich wurden wöchentliche Wartungsintervalle eingeführt. Die Reparaturmaßnahme wurde zusammen mit der Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie der Technischen Universität München organisiert und von dieser auch finanziert und durchgeführt. Vor dem Abbau wurde eine Photogrammetrische Untersuchung mit 2000 Messpunkten durchgeführt. Die Baumaßnahmen selbst begannen am 01.09.2010, gefolgt vom Tausch der zuvor beschafften Lager. Zudem wurden die Zahnkränze gedreht und überarbeitet. Am Reflektor fanden Wartungsarbeiten, wie Verstärkung rostiger Streben, Rostschutzmaßnahmen und Lackierung von Fachwerk und Paneelrückseite und Tausch defekter Heizstäbe in den Paneelheizungen statt. In der KW 42 konnte dann das Instrument mechanisch wieder zusammengebaut werden und soll Ende November nach weiteren Vermessungen der Reflektorgüte und Testmessungen zu Radioquellen wieder betriebsbereit sein.

Tab. 3.5.1-1 Reduzierte Beobachtungen mit dem 20 m-Radioteleskop Wettzell nach Lagerschaden (Stand Okt. 2010)

Session 2010	RTW
R1	24
R4	23
T2	1
RDV+R&D	5
EUROPE	2
Summe der 24h Sessions	55
INT1	154
INT2	81
INT3	29
VENUS	2 (2 Std.)
MARS	1 (2 Std.)
Summe der INTENSIVE	270

Besonderes Augenmerk wurde auf die täglichen Einstunden-Beobachtungen (INTENSIVE) zur Bestimmung von UT1-UTC gelegt, wobei wie gewohnt zu den Sessions INT1 (Wettzell - Kokee Park bzw. auch zusammen mit Svetloe) die Wochenendbeobachtungen INT2 (Wettzell – Tsukuba) bis zum Lagerschaden weitgehend automatisch oder mittels Fernsteuerung durchgeführt wurden. Während des Defekts wurde komplett auf Automatisierung verzichtet. Stattdessen konnten mittels verstärkten Einsatzes von studentischen Hilfskräften für die Wochenendbeobachtungen die INT-Messungen ohne Einschränkungen durchgeführt werden. Eine Neuheit bei den Wochenendbeobachtungen ist, dass mittlerweile die Daten mittels eines japanischen Systems von NICT direkt live während der Messung in real-time zum Korrelator übertragen und dort sogleich korreliert werden. Auch die Beobachtung am Montagvormittag INT3 (Wettzell – Tsukuba – Ny Alesund) hat sich etabliert und füllt die Zeitlücke zwischen INT1 und INT2. Alle INTENSIVE-Aufzeichnungen werden im Rahmen von e-VLBI mittlerweile komplett mittels E-Transfer zu den Korrelatoren in Washington, Tsukuba und Bonn übertragen. Dies führt zu einer erheblichen Verkürzung der Zeit bis zum Korrelationsergebnis. Die Korrelationsergebnisse sind mittlerweile meist noch am selben Tag mit einer Round-trip-Zeit von etwa 8 Stunden verfügbar, um eine

umgehende Bestimmung des Delta-UT1-Wertes zu ermöglichen.

Entwicklungsarbeiten

Zu den üblichen Wartungs- und Weiterentwicklungsmaßnahmen zählte vor allem der Austausch von Azimut- und Elevations-Antriebsmotoren nach Erreichen der Betriebsstundenzahl. Zudem war die Reparatur einer Servo-Power-Unit nötig. Dies gestaltet sich immer schwieriger, da es für die Technik nahezu keine Ersatzteile mehr gibt. Am Kryo-System waren die üblichen, regelmäßigen Wartungsarbeiten notwendig. Der originale, jedoch überarbeitete Honeywell-Dewar und ein neuer Test-Dewar wurden weiter erprobt. Wartungsarbeiten im Mark4-Aufzeichnungssystem (z.B. Reparatur am Decoder, Oszillator in Video-Konvertern) sicherten den Weiterbetrieb der analogen Technik, für die es nahezu keine Ersatzteile mehr gibt. Zu diesen Arbeiten kommen die regelmäßigen Reparaturen an den PATA-/SATA-Datenaufzeichnungsmodulen des Mark5-Registriersystems. Zudem wird die Umstellung auf Mark5B forciert. Des Weiteren wurde das NASA Field System zur Steuerung der Hardware auf die aktuelle Version gebracht und es wurde eine neue Rechnerhardware als Teststation für den Kontrollrechner am RTW ausprobiert. Auch weitere Komponenten, wie z.B. die Mark5-Registriereinrichtungen, wurden mit neuen Netzteilen, neuen Upgrade-Kits und neuer Software versehen.

Zur indirekten oder direkten Übertragung von VLBI-Daten über das Internet wurde die Nutzung von EVN-PCs weiter ausgebaut.

Die Installation und Testinbetriebnahme der neuen Digital Baseband Konverter (DBBC) wurde weiter vorangetrieben. Zum Ersatz der bereits in die Jahre gekommenen analogen VLBI-Videoconverter sollen in den kommenden Jahren die DBBC als rein digitale Umsetzung des HF-Eingangssignales mit schnellerer Datenrate bei verbesserter Datenqualität dienen. Das System befindet sich in der Entwicklungsphase, worin Wettzell eine entscheidende Rolle als Teststation inne hat. Zusammen mit den Entwicklern am MPIfR und vom INAF bzw. von einer neu gegründeten Firma wurden neue Komponenten getestet.

Zum Ausbau der Möglichkeiten einer Fernsteuerung der Teleskope wurde die Software für „e-control“, die in Wettzell entwickelt wird, in enger Kooperation mit den Entwicklern der Teleskopsteuersoftware (NASA Field System) erfolgreich weiter ausgebaut und wird bereits routinemäßig eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine neuartige, graphische Benutzeroberfläche, die über „Remote Procedure Calls“ auf einer mittels eines Schnittstellengenerators generierten Kommunikationsverbindung mit dem NASA Field System kommuniziert. Diese Software findet auch beim IVS großes Interesse und soll in einer der kommenden Field System Versionen als Release mit integriert werden.

Im Rahmen dieser Arbeiten wird zurzeit ein neues Konzept zur Erfassung von weiteren Parametern aus dem System, wie z.B. Temperaturen, Spannungszustände oder Vermessungsparameter erarbeitet, welches ein neuartiges System-Monitoring ermöglichen wird. Im Rahmen einer studentischen Arbeit konnte eine erste Umsetzung des neuen Erfassungssystems für Umgebungsparameter am RTW realisiert werden. Es ersetzt mittlerweile die alte Invardraht-Messung inkl. der Temperaturaufzeichnung im Turm und bietet die Möglichkeit zur Überwachung der Elevationsmotorströme mittels induktiven, minimal invasiven Sensoren. Die Daten werden permanent aufgezeichnet. Bei der Entwicklung handelt es sich um eine Kooperation mit der TUM.

Zur Gewährleistung des Betriebs mit breitbandigen Empfangssystemen, wie z.B. am TWIN Teleskop gegeben, wurden erste Grundkonzepte zum Ersatz des bestehenden Radarsystems am SLR analysiert (z.B. virtuelles Radar via Sekundärtransponder). Das Radar liegt exakt im durch TWIN empfangbaren Bereich und würde als RFI-Signal stören.

Neben diesen Arbeiten wurden noch Hilfestellungen für Medicina im Rahmen von GNSS-Satellitenbeobachtungen mit einem Radioteleskop im L-Band bzgl. der Bahnprädiktion gegeben.

TWIN Teleskop Wettzell (TTW)

Der IVS hat sich im Jahre 2000 zum Ziel gesetzt, ein neues visionäres Konzept für die VLBI-Anforderungen der nächsten 20 Jahre zu erstel-

len. In einer eigens dafür ins Leben gerufenen „Workinggroup 3“ wurde in der Zeit von 2000 bis 2006 eine Spezifikation für ein neues Design von Radioteleskopen und anderer VLBI-Hardware erstellt (VLBI2010). Das BKG hat sich auf der Grundlage dieses Konzepts dazu entschlossen, zwei Radioteleskope mit ca. 13,2 m Durchmesser zu bauen, die speziell für die Spezifikationen von VLBI2010 konzipiert werden. Den besonderen Anforderungen (Breitbandiges Empfangssystem, schnelle Axial-Bewegungen, sehr hohe Verfügbarkeit), die an ein VLBI2010-Empfangssystem zu stellen sind, wird mit dem TWIN-Konzept Rechnung getragen. Die Konstruktion wurde im Dezember 2008 in einem Design Review festgelegt.

Mittlerweile sind die Baumaßnahmen an den mechanischen Teilen der Teleskope nahezu abgeschlossen. Ein Großteil der Abnahmen konnte zeitgerecht durchgeführt werden. Darunter

Abb. 3.5.1-3 Heben des Reflektors an einem der beiden TWIN Teleskope

konnten die Getriebe, die Drehstände, die Paneele und die Stromverteilungsanlagen abgenommen werden. Die Achsen wurden im Werk auf Orthogonalität vermessen. Ein wesentlicher Punkt war die Begleitung und Koordination der Baumaßnahmen an den Teleskoptürmen und besonders am Betriebsgebäude. Durch das schlechte Wetter in den ersten Monaten des Jahres 2010 hatte sich eine Verzögerung des Baus ergeben. Mittlerweile schreitet die Fertigstellung des Betriebsgebäudes voran, die für Ende dieses Jahres vollzogen wurde.

Auch die Teleskopbauten nehmen Gestalt an. Ein Großereignis war die Ankunft der Drehstände mit einem Schwerlast-Transport aus Italien. Die eigentliche Montage hatte aber schon lange vorher mit dem Aufbau des in Teilen gelieferten Reflektors begonnen. Schritt für Schritt wurden dann mit einem Schwerlastkran die Drehstände auf den mittlerweile fertiggestellten Betontürmen montiert. Im Oktober folgte schließlich das Aufsetzen der fertigen Reflektoren.

Im Zeitraum der Baumaßnahmen wurde zudem die Spezifikation für die Ausschreibung des Multiband-Feedhorns (Corrugated Horn für S-, X- und Ka-Band) und des zugehörigen Dewars (Kryo-Vakuum-Kammer mit Verstärkerstufen) erarbeitet. Die Beauftragung konnte dann ebenfalls zeitnah erfolgen. Parallel erfolgt die Unterstützung der Entwicklung des Eleven-Feeds von Kildal, das breitbandig von 2 bis 11 GHz erfassen soll.

Anfang September wurde im Rahmen einer studentischen Arbeit die Entwicklung eines True-RMS-Konverters für die Hochfrequenzempfänger begonnen.

German Antarctic Receiving Station O’Higgins

Die VLBI Station O’Higgins hat im Februar 2010 an vier 24-Stunden Experimenten (T2067, OHIG67, OHIG68, OHIG69) teilgenommen. Die Kampagne im Herbst musste krankheitsbedingt ausfallen.

Die Konstruktion eines neuen Dewar für das VLBI-Empfangssystem in O’Higgins wurde begonnen. Das Original Dewar kann das für VLBI-Beobachtungen notwendige Vakuum im Inneren des Gefäßes nur noch für einen begrenzten Zeitraum aufrechterhalten. Der angestrebte Austausch des bisherigen durch das neue Dewar soll der VLBI-Station O’Higgins wieder uneingeschränkten und zuverlässigen Messbetrieb ermöglichen.

Ein Modul (IFD-Distributor) zur Verteilung der Zwischenfrequenz des VLBI-Empfangssystems ist nach Wettzell zur Reparatur gebracht wor-

Abb. 3.5.1-4 Die Station GARS O'Higgins

den. Die Platine zur Datenkommunikation mit dem NASA Field System ist ausgefallen und wurde daher durch eine neue ersetzt.

Der Standort zur Errichtung einer Meerespegelmesseinrichtung wurde im Februar 2010 erkun-

Abb. 3.5.1-5 3D Modell des neuen Dewars für O'Higgins

det und zur Montage vorbereitet. Während des nächsten antarktischen Sommers im Februar 2011 soll die Vorrichtung, bestehend aus Radarpegelhalterung, GPS/GLONASS-Empfänger, Unterwasserpegel sowie Anbindung der Datenerfassung in die IT-Infrastruktur installiert werden.

Korrelator

Der vom BKG, dem Institut für Geodäsie und Geoinformation (IGG) an der Universität Bonn und dem Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) betriebene VLBI-Korrelator wird zu 50% für die im IVS koordinierten Beobachtungsprogramme, im wesentlichen für IVS R1-, OHIG-, EUROPE- und der wöchentlich stattfindenden INTensive3-Beobachtungen eingesetzt. Die anderen 50% werden seitens des MPIfR für astronomische Beobachtungen genutzt. Der Korrelator ist mit acht MK5A-Stationen ausgerüstet. Die Erweiterung auf MK5B ist im vollen Gange, da dadurch die fehleranfälligen Station Units umgangen werden können. Der Einsatz der Internetverbindung mit einer Bandbreite von 1 Gbit/Sec zum Korrelator wurde intensiviert, so dass in Abhängigkeit der Internetverfügbarkeit für die an den Experimenten teilnehmenden Stationen die Daten mittels e-VLBI zum Korrelator übertragen werden. Die routinemäßige eVLBI-Übertragung wird immer mehr zu einem wichtigen Bestandteil der Korrelatorgruppe. Somit können zum Beispiel die wöchentlich beobachteten INTensive3-Beobachtungen meist innerhalb von 8 Stunden korreliert werden. Der Korrelator wird damit den Anforderungen, die vom IVS im Rahmen des Zukunftskonzepts VLBI2010 vorgeben sind, gerecht. Weiterhin wurde der DiFX -Softwarekorrelator für astronomische Experimente bereits routinemäßig ausgebaut. Er verfügt über parallele Recheneinheiten und RAID-Komponenten zum Ablegen der Daten. Die Erweiterungen für geodätische Experimente (Phasenauskopplung und Anpassung der Ausgabepfade von XF auf FX) sind nahezu abgeschlossen. Die Korrelation für die Geodäsie soll Ende des Jahres 2010 auf den Softwarekorrelator umgestellt werden. Der Hardware-Korrelator wird dann eingestellt, da bereits jetzt nahezu keine Ersatzteile mehr erhältlich sind. Im Rahmen des Ausbaus kooperieren die beteiligten Institutionen mit entsprechenden Finanz- und Personalmitteln.

VLBI Beobachtungen bei TIGO

Die Beobachtungsstatistik zeigt, dass TIGO trotz aller Schwierigkeiten die typische Beobachtungsanzahl von ca. 120 VLBI-Experimenten, die der IVS für TIGO einplant, erreicht hat. Das Erdbeben hatte einen Ausfall von zwei Wochen ohne Beobachtungen zur Folge. Nach Wiederinbetriebnahme wurden jedoch fünf ad-hoc Experimente (TQ) eingeführt, um die post-seismische Bewegung von TIGO mit VLBI-Methoden zu erfassen.

Am TIGO-VLBI-Modul wurden vom 01.01.2010 bis 31.12.2010 folgende VLBI Experimente durchgeführt:

Tab. 3.5.1-2 Beobachtungen mit dem TIGO-Modul

Session	TIGO
R1	47
R4	50
T2	7
TQ	5
RD	4
OHIG	6
Tanami	3
Summe der 24h Sessions	121

Bei den technischen Arbeiten wurde im Januar das kryogene Empfangssystem des Radioteleskops überholt, wobei ein neuer Kaltkopf eingebaut wurde.

Im September und Oktober wurde ein Mk5A-Datenregistriersystem zu einem Mk5B-System umgebaut. Für die Nutzung des Mk5B-Systems ist ein Umbau des Mk4-Formatters erforderlich, der für das Jahresende geplant ist. Für die Umbauzeit wurde vom Haystack Observatorium des Massachusetts Institute of Technology (MIT) ein Ersatzformatter vorübergehend ausgeliehen. Die Teile für den Umbau werden von Wettzell bezogen.

Das Erdbeben verursachte beim TIGO-VLBI-Modul vergleichsweise wenige Schäden. Zum Zeitpunkt des Erdbebens befand sich das Radioteleskop in seiner Wartungsposition und war mit Bremsen gesichert. Die Erdbebenkräfte wirkten hauptsächlich in Ost-West Richtung, in der das Teleskop ausgerichtet war. Dennoch war das Erdbeben stark genug, dass es den Operationscontainer (TIGO-2) verschoben hatte. Im Container ist ein Oszilloskop zu Boden geschleudert worden und war zu ersetzen. Einige Ersatzteilkisten, Dokumentationsliteratur und Gasflaschen wurden ebenfalls aus ihrem Standort verlagert, so dass Aufräumungsarbeiten unerlässlich waren. Nach ausführlichen Inspektionsarbeiten wurden Pointingtests durchgeführt, die letztendlich eine translatorische und keine rotatorische Bewegung der Plattform durch das Erdbeben bestätigten. Mit dem Experiment R1422 konnte 2 Wochen nach dem Erdbeben der Routinebetrieb wieder aufgenommen werden.

3.5.2 Datengewinnung SLR/LLR

Zur Datengewinnung SLR/LLR stehen das WLRS (Wettzell Laser Ranging System) und TIGO SLR-Modul zur Verfügung. Das neue Satellite Observing System Wettzell (SOS-W) war auch am Ende des Berichtszeitraums noch nicht betriebsbereit.

Beobachtungen mit WLRS und TIGO-SLR

Mit dem WLRS Laserentfernungsmesssystem werden Entfernungen zwischen 400 km und 40.000 km zu künstlichen Satelliten gemessen. Es werden derzeit 29 Satelliten, die mit Reflektoren ausgerüstet sind, angemessen.

Am WLRS erfolgte planmäßig ein Umbau von Ende November 2009 bis Juli 2010. Hierbei wurden das komplette Hydrauliksystem erneuert,

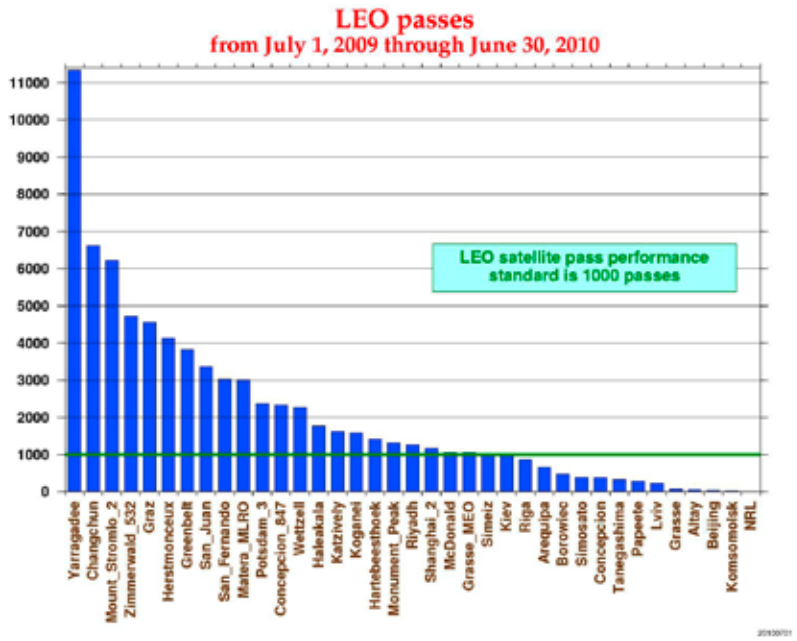


Abb. 3.5.2-1 Beobachtungsstatistik der Stationen Wettzell und Concepcion im internationalen Vergleich

Ende November 2009 bis Juli 2010. Hierbei wurden das komplette Hydrauliksystem erneuert, die Antriebsmotoren grundüberholt und die Motoransteuerung für die Ansteuerung der Achsen des Teleskops einschließlich Software neu installiert.

Seit der Wiederaufnahme des Beobachtungsbetriebs am 14. Juli 2010 läuft das System mit gewohnter Genauigkeit und optimaler Zuverlässigkeit, so dass derzeit bereits knapp 2000 Passagen seit Mitte Juli registriert werden konnten.

Das neu aufgebaute Rack für die Teleskopansteuerung wurde neu durchstrukturiert (siehe Abb. 3.5.2-2). Die Teleskopkontrolleinheit ermöglicht eine übersichtliche Bedienung des Teleskops im Automatic-Mode sowie die individuelle Steuerung mittels Joystick. Im Zuge einer Vereinheitlichung der Bedienungs- und Kontrollsoftware der Satellitenentfernungsmessung zwischen SOS-W und WLRS wurde begonnen, die für SOS-W entwickelten Teile auf das WLRS zu übertragen. Die ersten implementierten Teile dieses Kontrollsystems geben dem Beobachter einen verbesserten Überblick über die aktuellen Satellitenpassagen. Diese Arbeiten werden fortgesetzt.

Abb. 3.5.2-2 Ansicht des WLRS Teleskopkontrollracks nach dem Umbau

Projekte am WLRS

Neben den regulären Entfernungsmessungen zu Erdsatelliten beteiligte sich das WLRS am Projekt „*Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)*“ der NASA:

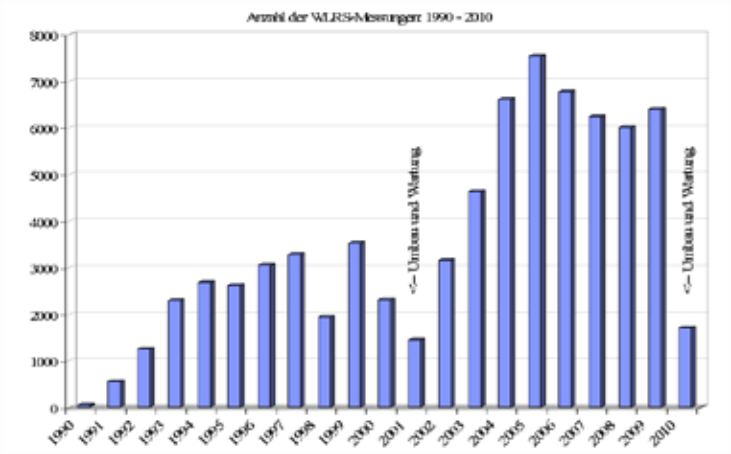


Abb. 3.5.2-3 Übersicht der gemessenen Passagen des WLRS von 1990 - 2010

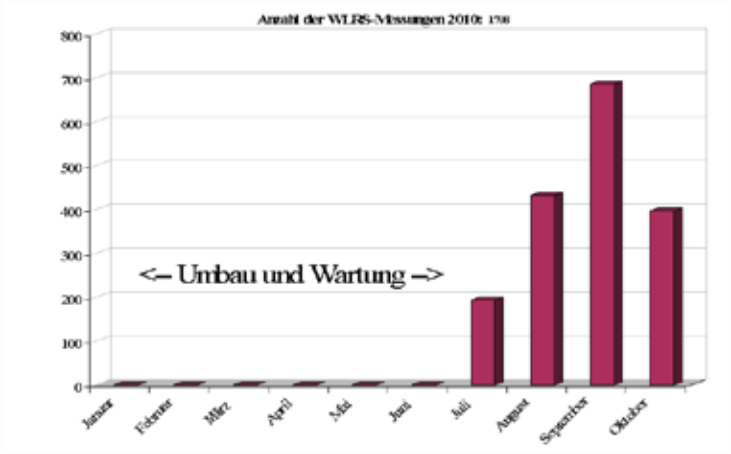


Abb. 3.5.2-4 Übersicht über die monatlichen Passagen im Jahre 2010

Der Lunar Reconnaissance Orbiter ist eine Raumsonde der NASA, die sich im Orbit des Erdmondes befindet. Dieser Orbiter hat die Aufgabe, mit Hilfe optischer Altimeter eine hochaufgelöste Kartierung der Mondoberfläche zu erstellen. Ferner werden Messungen zur kosmischen Strahlenbelastung durchgeführt. Ein an Bord befindliches „Light detection and ranging system (Lidar)“ dient der Distanzmessung zur Mondoberfläche und wird zur Verbesserung der Bahndaten des Satelliten zusätzlich zum Empfang von Laserpulsen aus SLR-Stationen verwendet.

Da diese Messung nach dem Prinzip der Ein-Weg-Messung durchgeführt wird, also keine Rückstrahlung vom Satelliten erhält, ist die präzise Messung aller Startepochen von Bedeutung, die Ankunftszeit wird am Satelliten selbst registriert. Durch diese Epochenmessungen kann ein sog. Zeittransfer erfolgen. Damit können Range- und Zeitbeziehungen zwischen der Erde und der Raumsonde, u.a. insbesondere

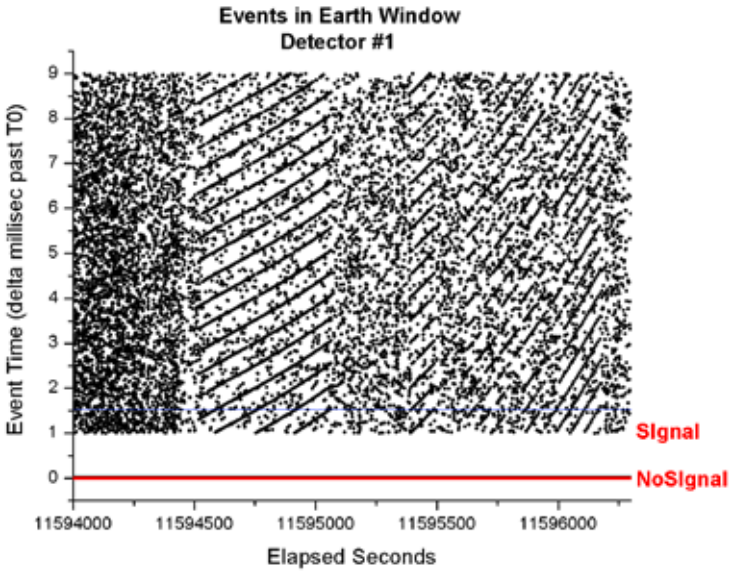


Abb. 3.5.2-5 Registrierte Echos des WLRS am LRO

für die Navigation der Sonde, verbessert werden. Durch Bereitstellen der Pointierungsdaten („Predictions“) sowie eines Detektor-Windows durch die NASA konnte das WLRS derartige Einweg-Passagen tracken. In den Graphiken werden die WLRS-Energie („Earth energy“) der Trefferpulse im Detektor des Mondorbiters über die Zeit aufgetragen (Detektor-Window) sowie die Trefferpulse im Range-Gate über die Zeit (da die WLRS-Pulse nicht zur Zeitbasis der Raumsonde synchronisiert sind, erscheinen die Treffer versetzt).

Am 30.10.2009 konnte das WLRS den LRO zum ersten Mal erfolgreich anmessen.

Messbetrieb des SLR Moduls von TIGO

Die SLR-Aktivität im Jahr 2010 wird durch zwei ungewollte Beobachtungspausen im März/April wegen des Erdbebens und im August wegen mangelnder Ersatzteile geprägt. Jedoch konnten bis Mitte Oktober 2010 bereits 2419 gemessene Satellitenpässe gezählt werden.

Im Januar konnte dank des sommerlichen Wetters und des ausgezeichneten Gerätezustands durch die Implementierung eines rigorosen Wartungsplans ein neuer Monatsrekord aufgestellt werden.

Aus der Monatsstatistik ist ersichtlich, dass in den Monaten Februar (bis zum Erdbeben), Mai, Juni und Juli eine normale Produktion erfolgte. In den Monaten März, April mussten die Schäden des Erdbebens beseitigt werden. Im August trat ein Schaden im Netzteil des Jedi-Lasers auf, für das kein Ersatzteil vorrätig war, da dieses sich zur selben Zeit bei Thales-Laser in Revision befand. Verschiedene Reparaturversuche ermöglichten eine improvisierte Lösung des technischen Problems, so dass der Messbetrieb seither wieder aufgenommen werden konnte. Die Produktivität liegt unter der letztjährigen, da durch das Fehlen von studentischen Hilfskräften nicht alle 21 Schichten/Woche besetzt werden können.

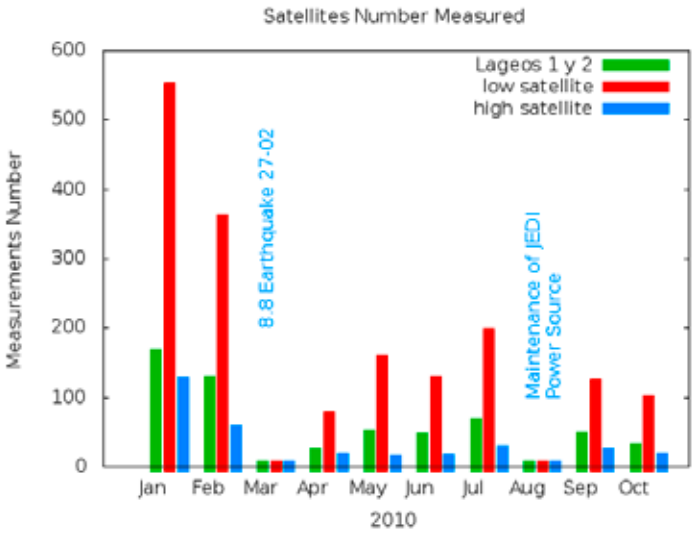


Abb. 3.5.2-6 TIGO-SLR Monatsstatistik 2010 (bis Okt.). Grün entspricht den LAGEOS-Messungen, rot entspricht den tiefliegenden Satelliten (< 5000km) und blau den hochfliegenden Satelliten (>18.000km).

Tab. 3.5.2-1 Monatsstatistik TIGO-SLR

Month	Lageos 1 y 2	Low Satellites	High Satellites	Total
January	161	546	121	828
February	122	355	52	529
March	0	0	0	0
April	19	72	11	102
May	45	152	8	205
June	39	122	10	171
July	61	191	22	274
August	0	0	0	0
September	42	117	19	178
October	25	95	12	132
Total	514	1650	255	2419

Tab. 3.5.2-2 Einzelaufstellung der gemessenen Satellitenpässe pro Monat 2010. Darunter sind auch neue Satelliten wie Cryosat2 und 3 Glonass.

Satellite	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
ajisai	111	77	0	16	30	24	41	0	20	15
beaconc	10	2	0	1	0	0	2	0	2	2
blits	6	1	0	1	1	0	1	0	0	0
compassm1	11	3	0	1	0	0	1	0	2	1
cryosat2	---	---	---	---	---	1	14	0	4	4
envisat	37	18	0	4	8	12	10	0	9	10
ers2	44	27	0	7	7	9	8	0	11	2
etalon1	13	10	0	3	1	1	5	0	1	2
etalon2	22	6	0	3	4	0	2	0	1	3
giovea	9	3	0	0	1	1	1	0	1	1
gioveb	5	3	0	0	0	2	1	0	0	0
glonass102	29	9	0	1	1	4	4	0	3	2
glonass109	15	8	0	0	0	2	1	0	2	0
glonass110	---	---	---	---	---	---	---	0	4	2
glonass115	15	8	0	2	0	2	4	0	1	0
glonass118	---	---	---	---	---	---	---	0	2	0
glonass120	---	---	---	---	---	---	---	0	2	1
gps36	12	2	0	1	1	0	1	0	0	0
gracea	13	7	0	0	4	4	0	0	2	2
graceb	11	8	0	1	2	4	4	0	1	4
jason1	62	38	0	8	22	12	19	0	18	16
jason2	61	48	0	9	16	18	30	0	11	14
lageos1	89	66	0	10	22	18	30	0	21	13
lageos2	72	56	0	9	23	21	31	0	21	12
larets	32	16	0	2	9	5	7	0	7	1
starllete	90	71	0	14	36	19	38	0	19	17
stella	39	28	0	6	11	14	14	0	9	4
tandemx	0	0	0	0	0	3	2	0	1	2
terrasarx	30	14	0	3	6	3	6	0	3	2
Total	828	529	0	102	205	171	274	0	178	132

Im SLR-System wurden folgende Wartungsarbeiten durchgeführt bzw. Probleme gelöst:

- Auswechslung des Deionisators und Partikelfilters des Jedi-Netzteils.
- Austausch des wegen eines Speicherfehlers ausgefallenen Datenbank-PCs durch Auslagerung der Datenbank auf einen anderen PC.
- Aktualisierung der Datenbasis zur Berechnung der Prädiktionen.
- Technischer Dienst durch die Fachfirma: Auswechslung des Ti:Sa Kristalls, Auswechslung der Spiegel des Pumplaserstrahlengangs, Justierung des Oszillators und regenerativen Verstärkers, Auswechslung der Pumpquelle im Oszillator.
- Auswechslung der Expansionslinse auf dem optischen Tisch.
- Versand des Ersatz-Jedi-Lasers mit Netzteil zu Thales nach Frankreich, da das Strahlprofil außerhalb der Spezifikationen lag.
- Wartungsarbeiten am Kühlsystem des Ti:Sa Kristalls.
- Wartungsarbeiten an der Klimatisierung im Container TIGO-5.
- Kabelerneuerung für das Radar und Parameterjustage am Radar LHRS.

Neben den Wartungsarbeiten und Schichtdiensten werden in der SLR-Gruppe auch Neuentwicklungen verfolgt:

- Platinenentwicklung für ND-Filter-Steuerung.
- Implementation Stand-By für Rotating Shutter
- Datenversand: Einführung des neuen Headers im Datenformat CRD, Update und Backupsystem der Datenbank, Implementierung des Datenversands via ftp statt zuvor nur E-Mail.
- Softwareentwicklung für ND-Filteraustausch.

Das Erdbeben hatte beim SLR-System die gravierendsten Spuren hinterlassen. Das SLR-Teleskop, der SLR-Container und der optische Tisch standen nicht mehr an ihrem präseismischen Platz. Die Wiedererlangung der Betriebsfähigkeit machte eine komplette Neueinrichtung der SLR-Station notwendig, bei der alle Komponenten auf Schäden zu untersuchen waren. Zur Dokumentation sind hier die notwendig gewordenen Arbeiten zusammengefasst:

- 08.-14.03.10: Evaluierung der Schäden, Planung der Wiederaufbauarbeiten. Abbau des Lasertischs, Sicherstellung des HighQ-Lasers und des Jedi-Lasers und weiterer optischer Komponenten an einem vor Nachbeben sicheren Ort. Wiederherstellung der ursprünglichen Containerposition und des SLR-Teleskops (inkl. Horizontierung).
- 15.-21.03.10: Detailplanung. Wiederaufstellung des optischen Tischs und Ausrichtung zur T/R-Einheit. Messung der Teleskop-Exzentrizität. Wiederaufbau der optischen Elemente. Tests der optischen Ausrüstung führen zu Kabelerneuerung und Feststellung der Dejustierung des Pico-Regen. Tests der Signalkabel und der Spannungsversorgungen der Geräte.
- 22.-28.03.10: Detailplanung. Erster Versuch eines Mount-Models des Teleskops. Justagen der optischen Geräte, Feinjustage der T/R-Einheit, Justage des Coudé-Teils am Teleskop.
- 29.03.-04.04.10: Problem in der Elevationsachse, Bruch einer Antriebswelle durch Materialermüdung. Demontage des Teleskops zwecks Zugriffs auf die kaputte Welle. Plan A: Reparatur in der mechanischen Werkstatt UdeC, Plan B: Konstruktion einer Ersatzwelle in Deutschland – diesbzgl. Dokumentenversand.
- 05.-11.04.10: Installation der improvisierten Lösung UdeC (Plan A). Tests mit Teleskop und Mount-Model.
- 12.-18.04.10: Erste Messungen nach dem Erdbeben. Erneuter Bruch der reparierten Antriebswelle. Plan A hat nicht funktioniert.
- 19.-25.04.10: Abbau von angefallenen Überstunden wg. Warten auf Welle aus Deutschland. Aktualisierung der Datenbank, Einfüh-

rung neuer postseismischer Koordinaten, neuer System-Status.

- 26.-30.04.10: Einbau der Ersatzwelle aus Deutschland (Plan B). Wiederaufnahme des SLR-Messbetriebs.

Status SOS-W

Im Jahr 2010 wurde die Abnahme des SOS-W Teleskops fortgesetzt. Zu Beginn des Jahres konnten ausreichend viele Sternbeobachtungen zum Nachweis eines Temperatureffektes insbesondere am Empfangsteleskop herangezogen werden. Es zeigte sich, dass die Ausrichtung des Empfangsteleskops stark von Temperaturänderungen beeinträchtigt wird, sodass die Herstellerfirma sich schließlich dazu bereit erklärte, das Teleskop teilweise abzubauen, um es einer grundsätzlichen Überarbeitung zu unterziehen. Dabei soll eine neu konstruierte Fangspiegelhalterung das Erreichen der Spezifikationen sichern.

Neben den opto-mechanischen Eigenschaften des Teleskops konnten die übrigen Systemkomponenten des SOS-W Laserentfernungsmesssystems dauerhaft erprobt werden. Messabläufe für die interne und externe Kalibration des Entfernungsmessystems wurden erfolgreich getestet und bestätigten die einwandfreie Funktion der übrigen Systemkomponenten.

Das speziell für das SOS-W konzipierte Flugsicherheitslidar konnte gegen Mitte des Jahres erstmals am System montiert werden, sodass das Justagekonzept überprüft werden konnte. Aus Diagnosemessungen ist abzuschätzen, dass Flugobjekte mindestens bis zu einer Entfernung von 25 km sicher detektiert werden können, sodass der Anwendung dieser neuartigen Technologie nichts mehr im Wege steht.

3.5.3 Datengewinnung GNSS

Das Geodätische Observatorium Wettzell ist ein „IGS und EUREF Operations Center“ und betreut im Rahmen von IGS, EUREF und GREF/SAPOS 22 (SAPOS - Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) permanent eingerichtete GNSS-Stationen. Sie sind z.T. als Gemeinschaftsvorhaben mit der entsprechenden nationalen Vermessungsverwaltung eingerichtet worden. Auf fast allen Stationen werden GLONASS-Satelliten beobachtet.

GNSS Operationszentrum

Ziel der permanenten GNSS-Messstationen ist es, GPS- sowie GLONASS-Messungen im Dauerbetrieb durchzuführen und die Messdaten in 1-Stunden bzw. in 24-Stunden Datendateien sowie in einem RTCM3 Echtzeitdatenstrom zur Verfügung zu stellen.

Neben den Systemen auf dem Geodätischen Observatorium Wettzell (WTZA; WTZL; WTZR, WTZS und WTZZ) und den deutschen GREF-Stationen Bad Homburg, Braunschweig, Effelsberg, Euskirchen und Moxa werden die folgenden Stationen im Ausland im Rahmen des IGS- und/ oder EUREF-Netzes betrieben:

- LHAZ in Lhasa (Tibet, China),
- REYK in Reykjavik (Island),
- HOFN in Höfn (Island),
- CONT, CONZ in Concepcion (Chile),
- OHI2, OHI3 in O’Higgins (Antarktis),
- ANKR in Ankara (Türkei),
- TRAB in Trabzon (Türkei),
- ISTA in Istanbul (Türkei),
- NICO in Nikosia (Zypern),
- SOFI in Sofia (Bulgarien),
- ZECK in Zelenchukskaja (Russland),
- BUCU in Bukarest (Rumänien),
- ORID in Ohrid (Mazedonien).

Im Berichtszeitraum wurde die Station Moxa (MOX2) nach einem Komplettausfall des alten Receivers von einer Leipziger Wartungsmannschaft besucht und durch den Austausch von Empfänger und PC sowohl hard- als auch softwaremäßig auf den neuesten Stand gebracht. Die Datenqualität und Zuverlässigkeit wurde dadurch erheblich verbessert.

Die im Jahr 2007 in Christchurch (Neuseeland) eingerichtete Station ILAM hatte als Folge der Erdbeben vom 3.9. und 25.12.2010 einen Ausfall von einem bzw. drei Tagen zu verzeichnen, sodass die seismischen Bewegungen nicht aufgezeichnet wurden. Durch eine Modernisierung der Station (Receiver, USV) könnte dieses Problem behoben werden.

Abb. 3.5.3-1 Verteilung der BKG Stationen (rote Punkte) im IGS und EUREF-Netz

Für die zeitnahe Qualitätskontrolle aller Daten wurde eine Software (GNSS-QC) angeschafft und in Betrieb genommen.

Zur lokalen Überwachung des Geodätischen Observatoriums Wettzell ist das „Footprint-Netz“ mit den Stationen ARBR (Arber), ARNB (Arnbruck), HOWA (Hohenwarth), MILT (Miltach), PRAC (Prackenbach) und WT21 (Wettzell) in der Umgebung von Wettzell eingerichtet. WT21 ist dabei zusätzlich auch ins GREF-Netz eingegliedert worden.

Der Aufbau der Station am Flughafen in Arnbruck (ARNB) als Ergänzung des Punktes ARBR wurde abgeschlossen. Für die Station ARBR wurde ein Datentransfer via Telefonleitung eingerichtet.

Der Datentransfer von den Messstationen zum Datensammler nach Wettzell ist weitgehend automatisch ausgelegt. Einige Stationen benötigten dennoch gelegentlich einen manuellen Download, wenn technische Probleme vor Ort auftraten, wie Stromausfälle, tlw. durch Gewitter verursacht, oder eine Unterbrechung des Internetdatenverkehrs.

GNSS Entwicklungsarbeiten

Für die von Wettzell aus betriebenen GNSS Stationen wurde die Plattform weiterentwickelt, die den Anforderungen klassischer und den Echtzeitanwendungen Rechnung trägt. Basis dieses Konzeptes ist ein Linux-basiertes Betriebssystem, welches von CDROM, Flashcard oder USB Stick booten kann und ausschließlich im Arbeitsspeicher des Rechners läuft. Die Festplatte wird nur zur Speicherung der Daten benötigt. Damit werden die Forderungen nach Robustheit und Sicherheit erfüllt. Als Basis kann jeder beliebige i386 Intel kompatibler Rechner genutzt werden. Zur Datenerfassung kann vorhandene Software eingesetzt werden, die auf Linux lauffähig ist, wie z.B. „EuroRef“ oder der „GNSSLogger“.

Globales CONGO Netzwerk (CoOperative Network for Giove Observations)

Der Aufbau des 2008 begonnenen DLR/BKG-CONGO-Netzwerks für Giove (Galileo In-orbit

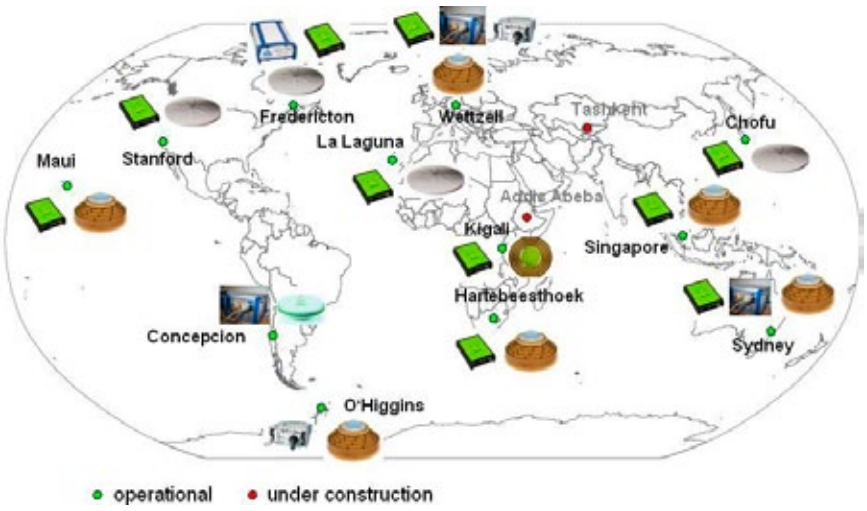


Abb. 3.5.3-2 Ausbau des CONGO Netzwerkes

Validation Element - Bezeichnung für Testsatelliten des Galileo-Navigationssystems) und GPS-L5-Beobachtungen wurde weiter ausgebaut und besteht aus nunmehr elf Stationen.

Regionalnetze

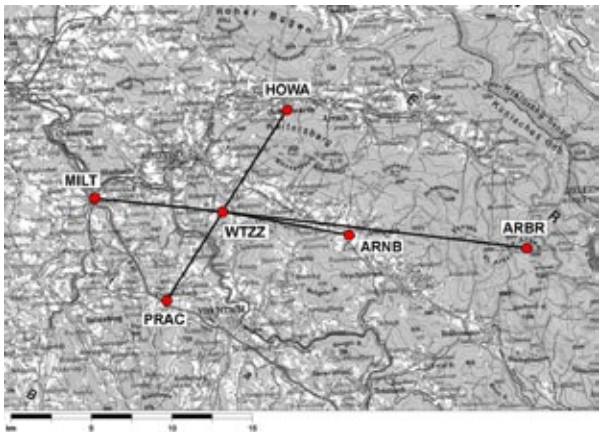


Abb. 3.5.3-3 Footprint-Netz im Umkreis des Geodätischen Observatoriums Wettzell

Zur Überwachung der geologischen Stabilität der Fundamentalstationen wird im Umkreis von 20 km ein sogenanntes Footprint-Netz betrieben, bestehend aus permanent eingerichteten GPS-Stationen (Abb. 3.5.3-3). Die Koordinaten dieser Stationen werden täglich abgeleitet. Aus der Zeitreihe der Koordinaten können Lageveränderungen festgestellt werden. Die GPS Auswertung erfolgt mit der Berner Software (Version 5.0).

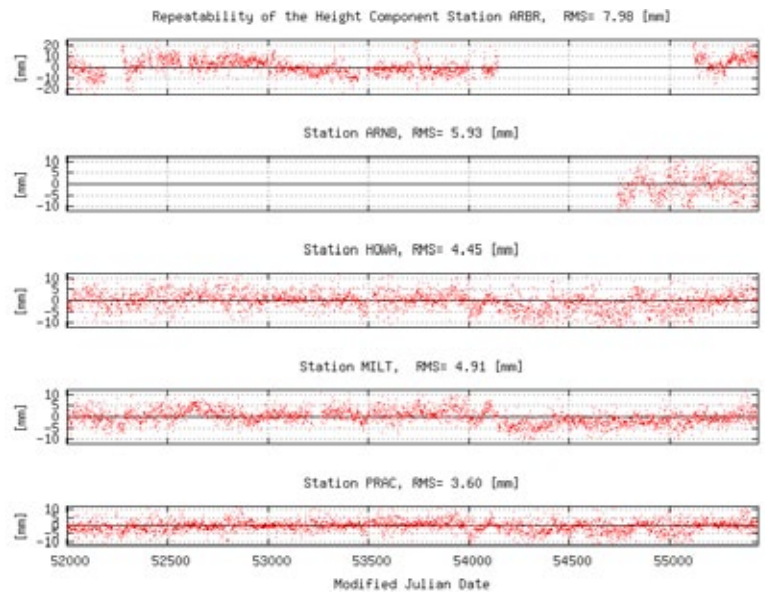


Abb. 3.5.3-4 Footprint-Netz: Höhenkomponente

Auf der Abbildung 3.5.3-4 sieht man die Zeitreihen der Höhenkomponente der fünf Footprint Stationen: Arber, Arnbruck, Miltach, Hohenwarth und Prackenbach. Für die Bildung der Basislinien dient der Punkt WTZZ in Wettzell. Gut zu sehen sind die große Datenlücke der Station Arber und die noch kurze und junge Zeitreihe der Station Arnbruck. In der knapp 10 Jahre langen Zeitreihe ist trotz des statistischen Fehlers von ca. 5 mm gut zu erkennen, dass auch in der Höhe keine relativen Bewegungen zu dem Punkt WTZZ vorhanden sind. Es ist daher davon auszugehen, dass das Geodätische Observatorium in einem Umkreis von 10-20 km einen stabilen, repräsentativen Messpunkt darstellt.

GNSS Bericht der Station TIGO

Am Observatorium selbst sind drei Permanentstationen „CONZ“, „CONT“ und „CONX“ installiert.

CONX speist seit dem Jahr 2008 GIOVE-Echtzeitdaten in das wissenschaftliche CONGO-Netzwerk ein. CONZ und CONT sind an das Ntrip-Echtzeitdatennetz angeschlossen und übertragen darüber hinaus stündlich Rinex-Dateien zum IGS-Datenzentrum des BKG. Trotz des Erbebens im Februar und den damit verbundenen Strom- und Internetausfällen wurden im Jahr 2010 von CONZ 99,3% und von CONT 97,9% aller möglichen GNSS-Daten an das IGS-Zentrum abgeliefert. Das ist vor allem der solargestützten Notstromversorgung und dem bemerkenswerten Einsatz, den die TIGO-Mitarbeiter nach dem Erbeben geleistet haben, zu verdanken.

Die Datengewinnung an den GNSS-Regionalstationen (DICH, SAJU, BULS, HUAL) wurde von dem Erdbeben stärker beeinträchtigt. Die Station DICH wurde vom Tsunami in Dichato überflutet und zerstört. Trotzdem konnten einige Datenaufzeichnungen, die vor dem Erdbeben gemessen wurden, gerettet werden. Ein Wiederaufbau von DICH ist zurückgestellt, da noch kein Flächennutzungsplan für das vom Tsunami betroffene Areal verabschiedet wurde. Die Station HUAL ist seit dem 27. Februar außer Betrieb, da die Hauptstromleitung

noch nicht repariert wurde.

Bei BULS und SAJU sind die Daten-Registrier-PC ausgefallen. Durchgebrannte Kondensatoren auf der Mutterplatine deuten auf Überspannungen der Stromversorgungen hin. Aus Zeitmangel konnten die Spezialisten bei TIGO die Wiederinbetriebnahme noch nicht vollständig leisten. Wegen des großen wissenschaftlichen Interesses wurden jedoch nach dem Erdbeben kurze Messkampagnen an den Regionalstandorten SAJU, BULS und HUAL durchgeführt.

Abb. 3.5.3-5 GPS/GLONASS-Permanentstation CONZ. Das äußere Schutzrohr aus Beton hat sich, durch die seismischen Wellen angeregt, selbst am Stahlbetonpfeiler zerschlagen. Die Energieversorgung mit Solarstrom gepufferten Batterien hat die Datenaufzeichnung gesichert.

3.5.4 Laserkreisel

Analyse periodischer Signale

Die seit dem Umbau des Ringlasers im Jahr 2009 gewonnene Zeitreihe ist von bisher unerreichter Qualität. Die stärksten periodischen Signale in der Sagnacfrequenz des Ringlasers, die tägliche Polbewegung und die lokalen Gezeitenneigungen, treten im Amplitudenspektrum deutlich hervor (Abb. 3.5.4-1). Während bei den halbtäglichen Gezeiten die Partialtiden N2, M2 und S2 klar erkennbar sind, können bei den täglichen Polbewegungen die 7 Partialtiden Q1, O1, M1, P1, K1, J1 und OO1 unterschieden werden. Das mittlere Rauschniveau im täglichen und halbtäglichen Frequenzbereich liegt bei 1 e^{-9} bezogen auf die Drehrate der Erde. Damit liegt derzeit die Auflösungsgrenze für periodische Signale bei 0,4 Millibogensekunden (2 Nanorad) für die Polbewegung und bei 0,15 Millisekunden für die Tageslänge. Damit erreicht der G-Ringlaser eine Grenze, ab der z.B. der Effekt der ozeanischen Gezeiten auf die Erdrotation sichtbar wird.

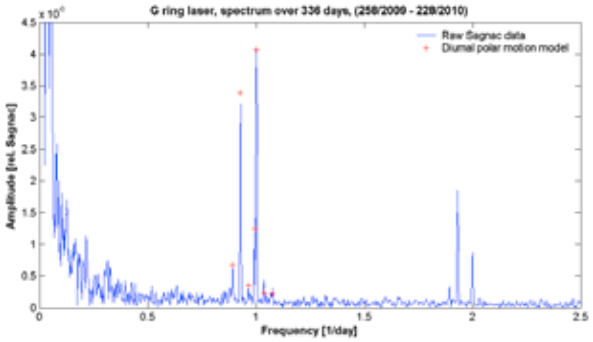

G ring laser, spectrum over 336 days, (258/2009 - 228/2010)
Raw Sagnac data
Diurnal polar motion model
Amplitude [rel. Sagnac]
Frequency [1/day]

Abb. 3.5.4-1 Amplitudenspektrum einer Zeitreihe des G-Ringlasers über 336 Tage seit dem Umbau 2009.

Modellierung lokaler Rotationsanteile

Die im Rahmen des Projekts P7 der DFG-Forschergruppe „Erdrotation und globale dynamische Prozesse“ durchgeführten Modellierungen ergeben im regionalen Maßstab deutlich zu kleine Signale, um die beobachteten Variationen der Sagnacfrequenz durch großräumige Luftdruck- oder Windereignisse erklären zu können. Im Folgenden wurde ein kleinräumiges FE-Modell der Größe 10 x 10 x 2 km erstellt, um lokale Windeffekte zu studieren. Als topographische Grundlage wurde das Digitale Geländemodell DGM25 des BKG verwendet. Um neben der Topographie auch die Oberflächenrauhigkeit zu berücksichtigen, wurden auch das Digitale Landschaftsmodell des BKG verwendet und den verschiedenen Nutzungsformen (Wald, Grünland, Acker, Siedlung, Wasserflächen) bestimmte Rauhigkeitskoeffizienten zugeordnet. Belastet wurde das Modell mit realen Windgeschwindigkeiten aus den Wetteraufzeichnungen der Station Wettzell. Als Ergebnis resultiert eine betragsmäßig noch etwas zu kleine, vom Signalverlauf her aber gut mit dem hochfrequenten Anteil der gemesse-

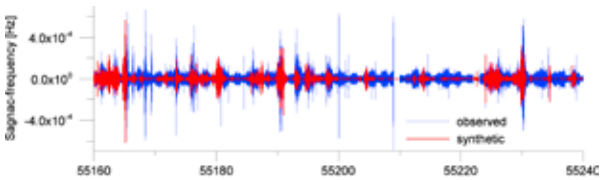


Abb. 3.5.4-2 Gegenüberstellung der Ergebnisse des windbelasteten lokalen FE-Modells (rot) mit dem hochfrequenten Anteil des Sagnacsignals (blau) (Zeit in mJD).

nen Sagnacfrequenz übereinstimmende Zeitreihe (Abb. 3.5.4-2).

3.5.5 Lokale Messdaten und fachspezifische Dienstleistungen

In diesem Produktbereich sind die Arbeiten zur Erfassung lokaler Messdaten wie

- Vermessungsarbeiten
- Zeit-/ Frequenzhaltung,
- meteorologische Beobachtungen,
- Schweremessungen und
- seismische Beobachtungen

auf den Stationen Wettzell, Concepcion und O'Higgins zusammengefasst. Darüber hinaus werden unter diesem Produkt Arbeiten durchgeführt, die notwendig sind, wie die fachspezifische Betreuung der Rechnersysteme und der Kommunikationseinrichtungen.

Vermessungsarbeiten

Das lokale Vermessungsnetz des Geodätischen Observatoriums Wettzell wird seit 1985 regelmäßig vermessen. Dadurch können von den meisten der mittlerweile 16 Pfeiler und 20 Bodenpunkte Zeitreihen erstellt werden, die eine Beurteilung der langfristigen Stabilität erlauben. Am Beispiel der Pfeiler 1 bis 5 zeigt sich eine Variation der Höhe von max. ± 0,5 mm in 13 Jahren (Abb. 3.5.5-1). Die hohe innere Genauigkeit von i.d.R. weniger als 0,15 mm (1 Sigma) ermöglicht die Interpretation auch kleiner Anomalien, wie z.B. die austrocknungsbedingte Senkung durch die Extremsommer 2003/2004 von bis zu 1 mm (Abb. 3.5.5-1) oder Sprünge in den Zeitreihen, die offenbar durch Bauarbeiten bedingt sind. Bei der Höhenmessung der Referenzpunkte der Raumverfahren ergeben sich etwas größere Fehler von bis zu 0,5 mm (1 Sigma), die auf die unterschiedliche Vermessungstechnik (Winkelmessung statt Nivellement) zurückzuführen sind (Abb. 3.5.5-2). Beim WLRS ist in den ersten Jahren nach der Fertigstellung eine Setzung

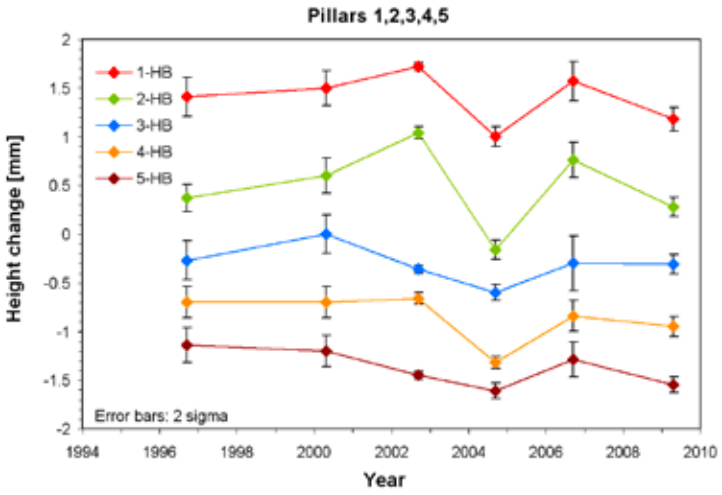


Abb. 3.5.5-1 Vermessungspfeiler 1 bis 5; Höhenänderung über 13 Jahre

von 2-3 mm feststellbar, während in den letzten 10 Jahren keine signifikante Höhenänderung auftritt. Das RTW ist in der Höhe über 20 Jahre innerhalb ± 0,5 mm stabil. Seit dem Jahr 2006 ist eine signifikante Abnahme der Höhenkomponente von 1-2 mm evident, was möglicherweise bereits den Verschleiß der Lagerschalen ankündigt (s.u.).

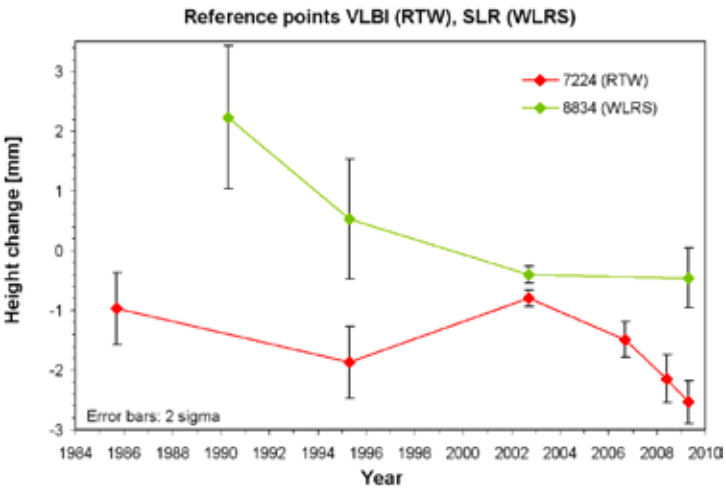


Abb. 3.5.5-2 Zeitreihe der Höhenkomponente des WLRS und RTW Referenzpunktes

Die Variationen in der Lage liegen im Allgemeinen bei 1-3 mm über einen Zeitraum von 24 Jahren. Größere Abweichungen sind z.B. auf benachbarte Bauarbeiten zurückzuführen, wie bei Pfeiler 2 zwischen den Jahren 1991 und 1993, oder weisen auf instabile Untergrundverhältnisse hin (Abb. 3.5.5-3). Es ist daher wichtig, eine

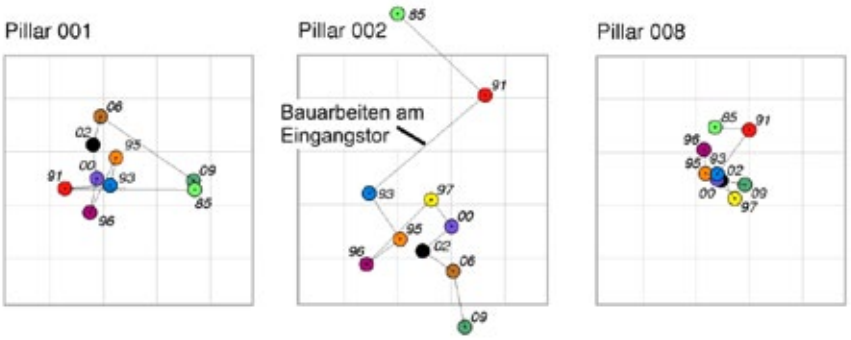


Abb. 3.5.5-3 Vermessungspfeiler 1, 2 und 8; Lageänderungen über 24 Jahre. Ausschnitt zeigt 5x5mm, rechts Osten, oben Norden

hinreichende Anzahl von Festpunkten vorzuhalten und die Messungen regelmäßig zu wiederholen, um instabile Punkte klar identifizieren zu können. Eine ähnliche Lagevariation zeigen auch die Referenzpunkte der Messsysteme der geodätischen Raumverfahren (Abb. 3.5.5-4).

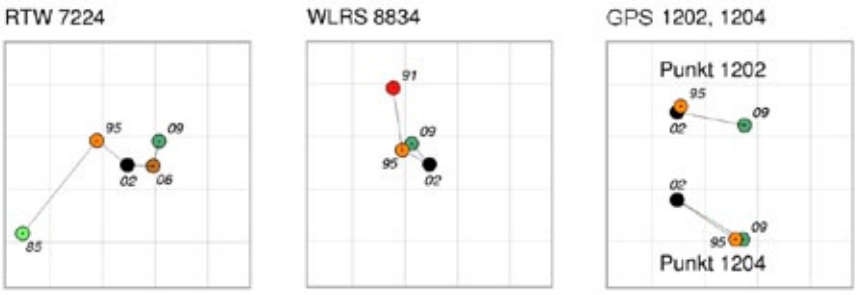


Abb. 3.5.5-4 Lageänderungen der VLBI-, SLR - und GPS-Referenzpunkte 7224 (RTW), 8834 (WLRS), 1202 (WTZR) und 1204 (WTZA).

Die Elevationsachse und die Stehachse des RTW wurden aufgrund der möglichen Lagerabnutzung im Frühling 2010 kontrolliert. Seit der letzten Messung im Jahr 2002 hat sich die Richtung der Kippachsneigung verändert und die Neigung hat sich deutlich vergrößert, sie betrug -30,7 mgon oder -1,5 mm, was die Vermutung einer einseitigen Lagerabnutzung bestätigte. Die Stehachsschiefe macht dabei höchstens 0,05 mm aus.

Die Berechnung des Referenzpunktes hat ergeben, dass die Kippachse des RTW 0,1652 m oberhalb des Punktes 7224 – OK und 0,47 mm hinter dem Standpunkt 7224 in Richtung zur RTW-Tür liegt. Die Lage des Referenzpunktes bezüglich des Standpunktes im Inneren des Radioteleskops ist seit der letzten Bestimmung unverändert geblieben.

Lokale Vermessungsarbeiten bei TIGO

Eine Neuvermessung des lokalen TIGO-Netzes ist durch das Erdbeben erforderlich geworden. Diese konnte bislang wegen Personalmangels nicht durchgeführt werden.

Zeit & Frequenzhaltung

Für alle Raummessverfahren ist der Zugriff auf ein genaues Zeit - und Frequenzsystem notwendig. Dieses hat zwei grundlegende Aufgaben:

- Bereitstellung einer hochgenauen Zeitskala, damit den Messungen Epochen bezüglich einer global verfügbaren Zeitskala zugeordnet werden können, und die
- Bereitstellung absoluter bzw. kalibrierter Frequenzen für die Messsysteme.

Zur Zeitskalengenerierung stehen in Wettzell fünf Cäsiumfrequenznormale mit entsprechenden Zeitgeneratoren zur Verfügung. TIGO verfügt über drei und O'Higgins über eines. Die Anbindung der Zeitskalen UTC (Wettzell) bzw. UTC (TTC), die offizielle Zeitskalen im System des Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) sind, an die Weltzeit UTC geschieht mit Hilfe von speziellen GNSS-Empfängern (ASHTECH-Metronome, Septentrio PolaRx2, AOA TTR6, K+K GPS 6-2K). Diese GNSS-Empfänger erlauben Zeitvergleiche mit der GPS-Zeit mit Nanosekundengenauigkeit. Eine Kalibrierung des Septentrio PolaRx2 GPS Time Receiver bei TIGO ist noch anhängig. Sie soll vom BIPM organisiert werden. Das BIPM wertet die Messungen aus und berechnet UTC als Mittel aller beteiligten Cs-Atomuhren. Die GPS-Zeitdaten der Station Wettzell und von TIGO werden wöchentlich oder täglich, je nach Messverfahren, per INTERNET dem BIPM zur Verfügung gestellt. Das BIPM berechnet die Ablage der lokalen Zeit UTC (IfAG) bzw. UTC (TTC) gegenüber

UTC und veröffentlicht die Ergebnisse monatlich im BIPM Bulletin „Circular-T“.

Für die Bereitstellung der genauen hochstabilen Referenzfrequenzen werden in Wettzell

Abb. 3.5.5-5 Cäsiumfrequenznormal HP 5071A

drei, bei TIGO zwei und bei O’Higgins ein Wasserstoffmaser betrieben. Der letzte Wasserstoffmaser wurde erst im Dezember 2006 an Wettzell geliefert, damit stehen zwei Wasserstoffmaser der neuesten Generation zur Verfügung.

Das Zeit- und Frequenzsystem bei TIGO

Alle im Zeit- und Frequenzlabor installierten Geräte, die für den Beobachtungsbetrieb notwendig sind, funktionieren ohne Probleme. Lediglich ein Clockmodul und ein Frequenzverteiler, die für Wartungs - und Kontrollzwecke eingesetzt werden, sind während des Erdbebens heruntergefallen und dabei zerstört worden. Die Wiederbeschaffung dieser Geräte ist im Gange.

Der für die Zeitübertragung zum BIPM eingesetzte GNSS-Empfänger soll noch dieses Jahr im Rahmen einer BIPM-Kalibrierkampagne kalibriert werden. Ein dazu notwendiger BIPM-Kalibrierempfänger ist derzeit unterwegs nach Chile. Nach einer erfolgreichen Kalibrierung wird die bei TIGO generierte Zeitskala UTC (TCC) eine absolute Messunsicherheit von nur +/-5ns haben und nicht wie bisher +/-20ns.

Meteorologische Datenerfassung

Zur Berechnung der Refraktionskorrekturen für die Laserentfernungsmessungen sowie für die VLBI- und GPS-Beobachtungen werden meteorologische Parameter benötigt. Hierfür sind meteorologische Stationen in Wettzell, in Concepcion und in O’Higgins installiert, die kontinuierlich Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlag aufzeichnen. In regelmäßigen Abständen werden die Wetterdaten durch Vergleichsmessungen mit Aspirations-Psychrometern und Absolutbarometern überprüft. Wasserdampfradiometer erlauben es, den Wasserdampfgehalt zu bestimmen. Aus diesen Angaben kann der Einfluss auf die Refraktion berechnet werden, der schließlich als „wet-path-delay“, das ist die Verzögerung der Laufzeit wegen der variablen Feuchtigkeit in der Atmosphäre, angegeben wird. In Wettzell und in Concepcion werden kontinuierlich Radiometerdaten aufgezeichnet.

In der Hauptwetterstation von TIGO wurden Wartungsarbeiten an Software und Hardware durchgeführt. Die Software wurde auf eine Aktualisierung in der Datenbank ausgedehnt und neue Darstellungs- und Suchmöglichkeiten wurden auf der Internetseite von TIGO eingeführt. Hardwareseitig wurde die präventive Wartung an den Sensoren vorgenommen.

Die zweite Wetterstation (10m-Mast) von TIGO zeigte strukurelle Probleme, die eine neue Ausrichtung nach dem Erdbeben nötig machten. Eine mechanische Überarbeitung dieser Schwachstelle wird angestrebt. Ebenso wird auf der elektrischen Seite an einem unterbrechungsfreien Betrieb gearbeitet, damit eine kontinuierliche Registrierung gewährleistet werden kann.

Die bestehenden Bodenfeuchtesensoren wurden untersucht. Zwei der fünf BKG-Geräte liefern keine Daten. Eine Prüfung der Kabel ergab, dass diese in Ordnung sind.

Seismograph

Die GRSN Seismographen-Breitbandstation WET wird zusammen mit dem Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe / Seismologisches Zentralobservatorium betrieben.

Im Januar 2010 war es erforderlich, ein defektes Kabel und eine defekte Antenne für die Zeitsynchronisation mit GPS-Satelliten auszutauschen.

Ansonsten wurden die Messungen mit dem Seismographen-Breitbandsystem in Wettzell im Rahmen des deutschen Seismographischen Regionalnetzes (German Regional Seismic Network GRSN) störungsfrei, ohne weitere Ausfälle und Unterbrechungen weitergeführt.

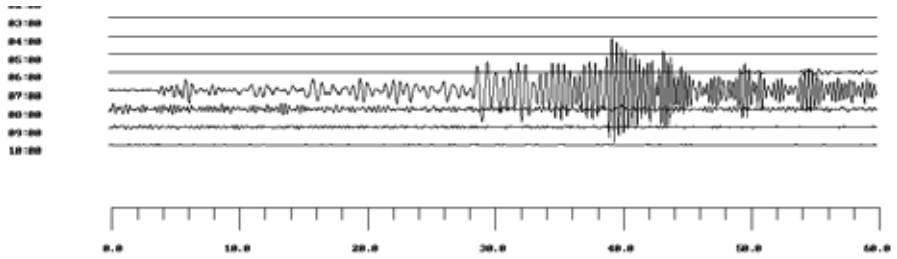


Abb. 3.5.5-6 Erdbeben in Concepcion, Chile, am 27. Februar 2010 06:34:14 UTC. Epizentrum: Latitude 35.85 S, Longitude 72.72 W, Magnitude Mw: 8.8

Gravimetrie

Der normale Messbetrieb der beiden Gravimeter (FG-5 und SG-038) bei TIGO wurde durch das Erdbeben am 27. Februar 2010 jäh unterbrochen. Die erste Inspektion des Gravimetergebäudes nach dem Beben ergab folgendes Bild: Am Boden lagen verstreut Werkzeuge, Zubehör - und Kleinteile, zwei Heliumflaschen, deren Verankerungen aus der Wand gerissen wurden und die Fallkammer des FG-5 Absolutgravimeters (s. Foto). Dank der solargestützten, batteriegepufferten Stromversorgung des Gravimetergebäudes war jedoch die für das Relativgravimeter SG038 unentbehrliche Heliumkühlung noch in Betrieb und hielt die Supraleitung im Inneren des Gerätes aufrecht.

Abb. 3.5.5-7 Das durch das Erdbeben umgestürzte Freifallgravimeter FG-5 im Gravimeterhaus von TIGO.

Glücklicherweise wurden die Instrumente nur leicht beschädigt, so dass die Reparatur, Wiederinbetriebnahme und Kalibration vom örtlichen Personal und zwei im April aus Frankfurt angereisten Kollegen, Dr. Reinhard Falk und Dr. Hartmut Wziontek, erfolgreich bewerkstelligt werden konnte. Durch die zahlreichen Nachbeben musste die Justierung des FG-5 immer wieder geprüft und korrigiert werden, was den Messbetrieb erschwerte. Trotz der erschwerten Bedingungen und einem wartungsbedingten Ausfall im Juli (das Transportband in der Fallkammer wurde gewechselt) konnten etwa 90% aller geforderten Messungen absolviert werden.

Das SG-038 zeigte nach der Wiederinbetriebnahme auffällige Störanteile im Gravimetersignal. Beim Suchen nach der Ursache kam ein beschädigtes Thermolevel-Element, welches für eine exakte, automatische Horizontierung des Messinstrumentes sorgt, zum Vorschein. Nach dessen Austausch funktionierte das SG-038 wieder einwandfrei. (Vgl. 3.4.2 Beitrag zum Internationalen Schwerereferenzsystem – TIGO in Concepcion (Chile).

Pegelstationen

Durch die Tsunamiwellen ist die Pegelstation mitsamt GPS und meteorologischen Sensoren zerstört worden.

Abb. 3.5.5-8 Vom Tsunami zerstörte Pegelstation mit GPS in Dichato. Die Zugangsbrücke wurde weggespült, Kabel sind abgerissen. Zum Vergleich die Ansicht vor dem Erdbeben.

Hydrologie bei TIGO

Im Juni diesen Jahres wurde von zwei Hydrologen des GFZ (Dr. Andreas Güntner und Dr. Theresa Blume) eine automatische Messstation mit 40 Sensoren zur Erfassung hydrologischer Daten nahe des Gravimetergebäudes installiert und in Betrieb genommen. Die gewonnenen Daten sollen Aufschluss über die hydrologische Beschaffenheit der Umgebung und des Untergrundes geben. Da hydrologische Veränderungen besonders die Schweremessungen beeinflussen, wurde die Messstation bewusst in der Nähe des Gravimeterhauses aufgebaut. Verbesserte hydrologische Modelle sollen letztlich die Unsicherheit bei der Bestimmung des Schwerewertes herabsetzen.

Fachspezifische Dienstleistungen im Bereich IT

Die Anforderungen an die IT auf dem geodätischen Observatorium Wettzell werden geprägt durch die fachspezifischen Anforderungen und einen allgemeinen Betrieb der IT, der die Infrastruktur bereitstellt.

Der allgemeine IT-Betrieb stellt die Infrastruktur zur Verfügung, die für alle IT-gestützten Aufgaben der Station benötigt werden. Hierzu gehört u.a. ein gesicherter Zugang zum Internet, Bereitstellung einer Nutzerumgebung für den Bürobereich, E-Mail, Bereitstellung von Druck- und Dateidiensten. Um diese Grunddienste zu gewährleisten, sind weitere grundlegende Dienste und eine IT-Infrastruktur nötig. Diese besteht z.B. aus den Servern, die selbst wieder mit Festplattenspeichern verbunden sind. Die Dienste für die Arbeitsplätze können nur über ein lokales Netzwerk (LAN) zu diesen transportiert werden. D.h., Server und Arbeitsplätze sind mit einem Rechnernetz gekoppelt. Diese Infrastruktur ist so wie Strom oder Wasser ständig bereit zu stellen und laufend zu halten, denn für die Nutzer ist es selbstverständlich, dass die gewohnten Arbeitsbedingungen während den Arbeitszeiten zur Verfügung stehen.

Die fachspezifischen Anforderungen fordern für eine geodätische Fundamentalstation, dass die Informationstechnik für die Messdatenerfassung, -verarbeitung, -speicherung, -weiterleitung und Bereitstellung von Eingangsparametern für die Messsysteme durchgehend zur Verfügung steht. Da eine durchgehende Gewährleistung eines Rechnerbetriebes nicht leistbare Anforderungen an die IT-Infrastruktur stellen würde — man würde Forderungen stellen, die vergleichbar einem Rechenzentrum im Finanzwesen wären — wird ein praktikabler Weg beschritten: die Serverdienste werden virtuellen Rechnern zugeordnet, die ihrerseits dynamisch auf physikalischen Rechnern platziert werden können. Die unter echtzeitnahen Bedingungen agierenden Messdatenerfassungssysteme werden durch Router geschützt in eigenen Netzen angeordnet, wobei die notwendigen Rechenleistungen und Speichersysteme ebenfalls dort platziert werden. Messsysteme mit nicht echtzeitnahen Forderungen werden in das Rechnernetz der Station integriert.

Für ein geodätisches Observatorium wird der performante Internetzugang immer wichtiger, um die immer größer werdenden Datenmengen zeitnah den Auswertestellen bereitstellen zu können. Ein beispielhaftes Anwendungsfeld ist die Übermittlung der VLBI-Messdaten an die Korrelatoren, die zeitnah nach Durchführung der Beobachtung oder sogar parallel zur Speicherung auf den Magnetplatten über das Internet auf Festplattensysteme beim Korrelator gespeichert werden.

Im Berichtszeitraum wurden über das Investitionsprogramm der Bundesregierung zwei Anträge gestellt, die positiv beschieden worden sind. Beide Investitionsmaßnahmen sind noch im Gange; sie werden im Laufe des Jahres 2011 abgeschlossen werden. Diese Investitionsmaßnahmen erlauben einen Neuaufbau des Rechnerraumes unter Berücksichtigung des „Green-IT"-Gedankens, indem die Kühlung für die Rechner optimiert wird, um möglichst wenig Primärenergie zu verbrauchen, und die Beschaffung neuer IT für geodätische Messverfahren.

Der Neuaufbau des Rechnerraumes wird dadurch realisiert, dass der Kellerraum, der unter dem bisherigen liegt, neu aufgebaut wird. Es werden zwei gegenüberliegende Rackreihen ausgebildet, die in sich geschlossen sind (vgl. Abbildung 3.5.5-9). Durch die beiden Kühlungen wird ca. 20°C kalte Luft in den Raum zwischen die Rackreihen gedrückt. Die Rechner in den Schränken ziehen die kalte Luft an und blasen in den sonstigen Raum die warme Luft. Die Klimaanlagen sorgen nun dafür, dass die warme Luft, geschätzt werden ca. 25°C bei Volllast, abgekühlt und wieder in den sogenannten Kaltgang geblasen wird. Aus Redundanzgründen sind die Klimaanlagen und unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) zweifach ausgelegt. Durch diese Anordnung wird eine viel bessere Kühlleistung bei geringerer Stromaufnahme als bei der aktuellen Installation erreicht; in dieser wird der gesamte Raum über den Doppelboden gekühlt und die warme Luft wird über Deckenöffnung und einem Schachtsystem der Klimaanlage wieder zugeführt.

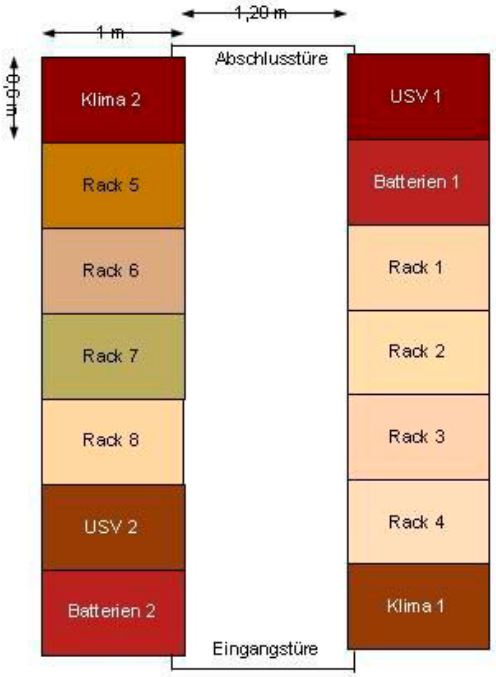


Abb. 3.5.5-9 Prinzipaufbau eines Kalt-/Warmganges für die Rackaufstellung zur Optimierung der Kühllasten

4. Sonstige Aufgaben

4.1 Mitarbeit in nationalen und internationalen Organisationen

4.1.1 Geschäftsstelle des Interministeriellen Ausschusses für Geoinformationswesen (IMAGI)

Zur ressortübergreifenden Koordinierung des Geoinformationswesens beschloss das Bundeskabinett am 17. Juni 1998 unter der Federführung des Bundesministeriums des Innern (BMI), einen ständigen Interministeriellen Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI) einzurichten.

Als weitere Mitglieder sind folgende Ressorts im IMAGI vertreten: Bundeskanzleramt, Bundesministerium der Finanzen, Bundesministerium der Verteidigung, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium der Justiz. Als ständige Gäste sind im IMAGI vertreten: AdV, Lenkungsgremium GDI-DE.

Auftrag

Aus dem Kabinettsbeschluss der Bundesregierung vom 17. Juni 1998 (bestätigt am 15. Juli 2008) hat der IMAGI sinngemäß den Auftrag, die nationalen und grenzüberschreitenden Bedürfnisse im Geoinformationswesen zu koordinieren und die hierin liegenden gesamtwirtschaftlichen Chancen in vollem Umfang zu berücksichtigen. Zugleich verbessert der IMAGI auf diese Weise auch die Rahmenbedingungen für den Zugang der Wirtschaft zu Geodaten der öffentlichen Hand, für die Anregung neuer Dienste und die Entwicklung neuer Technologien.

Gemeinsam mit den Ländern und Kommunalen Spitzenverbänden ist der Bund am Aufbau der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) beteiligt. Über den IMAGI koordiniert und berät der Bund seine Position zu Vorschlägen und Beschlüssen des gemeinsamen Lenkungsgremiums GDI-DE.

Der international gestiegene Bedarf an öffentlichen Geodaten manifestiert sich heute u.a. durch Initiativen wie INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) und Galileo (europäisches ziviles Satellitennavigationssystem). Die Koordinierung des Bundes im Rahmen dieser Initiativen erfolgt auch hier u.a. durch den IMAGI.

Die Bedeutung der Projekte, die notwendigen finanziellen Ressourcen und Effizienzgewinne, die von einer engen Abstimmung erwartet werden, erfordert eine Ergänzung der bisherigen Koordination durch Steuerung auf der politischen Ebene. Es wurde daher vereinbart, dass sich die Staatssekretärinnen und Staatssekretäre des Bundes regelmäßig mit den Themen des IMAGI befassen.

Die Staatssekretärinnen und Staatssekretäre des IMAGI (IMAGI-St) haben sich hierzu erstmals am 22. Juli 2010 in Berlin unter der Leitung von Frau Staatssekretärin Rogall-Grothe (BMI) getroffen.

Meilensteine

Seit 1998 wurden im Auftrag des IMAGI verschiedene Maßnahmen für den Aufbau einer Geodateninfrastruktur eingeleitet. Unter anderem wurden der Aufbau und Betrieb des standardisierten Geodatenkatalogs und GeoPortal. Bund als zentrales Internetportal für die GDI-DE (seit 2003) vorangetrieben sowie „Musterbedingungen für die Abgabe von Geodaten des Bundes“ zur Vereinheitlichung der Abgabepolitik von Geodaten des Bundes (2006) verabschiedet. Des Weiteren wirkte der IMAGI gemeinsam mit Ländern und Kommunalen Spitzenverbänden (2007) an der Erarbeitung eines technischen und organisatorischen Architekturkonzepts GDI-DE im Rahmen des eGovernment in Deutschland mit. Er verabschiedete im gleichen Jahr einen Kriterienkatalog für den Aufbau und die Bereitstellung mit Implementierungsplan der Nationalen Geodatenbasis (NGDB) aus Bundessicht. Die Staatssekretärinnen und Staatsse-

kretäre des IMAGI haben beschlossen, im Zuge der Umsetzung der multinationalen Vorhaben (z.B. GEOSS, GMES, INSPIRE-Richtlinie) eine abgestimmte Position zu den Themen Datenschutz, Geheimschutz sowie Lizenz- und Kostenfragen bei Geodaten zu entwickeln (2010).

Geschäftsstelle des IMAGI

Unter der Federführung des BMI bearbeitet die IMAGI-Geschäftsstelle Beschlüsse und Aufträge des IMAGI gemäß Kabinettsbeschluss vom 17. Juni 1998 (bestätigt 2008) und ist für die Aufrechterhaltung des täglichen Geschäftsbetriebs verantwortlich. Neben der Koordinierung der Maßnahmen zur Umsetzung von IMAGI-Beschlüssen, Empfehlungen etc., der Vorbereitung und Protokollierung von IMAGI-Sitzungen, der Koordinierung mit nationalen und internationalen Fachgremien sowie der Erteilung von Auskünften, hat die Geschäftsstelle gemäß Beschluss des IMAGI als Aufgabe, die Nationale Geodatenbasis (NGDB) des Bundes zu dokumentieren, zu kontrollieren und zu visualisieren. Diese Aufgabe wird derzeit über das GeoPortal.Bund realisiert.

Die Geschäftsstelle des IMAGI wirkt zudem aktiv in den Arbeitsgruppen des IMAGI mit und koordiniert bzw. bearbeitet die dort besprochenen Aufgaben.

Arbeitsgruppen des IMAGI

Die Umsetzung der großen EU-Vorhaben wie der Aufbau einer europaweiten Geodateninfrastruktur (INSPIRE), die Umsetzung von GMES zur raum-, luft- und bodengestützten Erdbeobachtung für Umwelt- und Sicherheitsbelange und die Potenziale des europäischen Satellitennavigationssystems GALILEO für die Bundesverwaltung stehen im Mittelpunkt der Entscheidungen des IMAGI. Fragen des Datenschutzes und des Schutzes der Infrastrukturen selbst spielen dabei eine zentrale Rolle. Häufig stehen die technischen und inhaltlichen Möglichkeiten der elektronischen Nutzung von Geodaten im Zielkonflikt zwischen schutzwürdigen Belangen des Einzelnen und wirtschaftlicher Wertschöpfung. Die bisher vorhandenen politisch-strategischen Steuerungsmechanismen des Geoinformationswesens für die Bundesverwaltung wurden dem notwendigen Entscheidungsbedarf nicht mehr gerecht. Durch den IMAGI müssen erfolgversprechende Lösungsansätze zur Regelung von Preisen, Nutzungsbedingungen, Datenschutz und Geheimschutz für Geodaten unter Beteiligung aller betroffenen Gremien gefunden werden. Deshalb haben die Staatssekretärinnen und Staatssekretäre des IMAGI (IMAGI-St) die Arbeitsgruppe Geodatenschutz, die Arbeitsgruppe Geheimschutz bei Geodaten sowie die Arbeitsgruppe Kosten- und Lizenzfragen bei Geodaten eingerichtet. Die bisher für alle Themenbereiche zuständige Arbeitsgruppe „AG IMAGI“ wird gebeten, ihr Arbeitsprogramm 2011/2012 an den folgenden Schwerpunkten auszurichten: Weiterentwicklung der Nationalen Geodatenbasis (NGDB) des Bundes, Integration der Komponenten des GeoPortal.Bund als Beitrag des Bundes in das im Aufbau befindliche Geoportal.de der GDI-DE sowie Mitwirkung bei der Konzeption und kontinuierlichen Umsetzung der Bedarfserhebung des Bundes für Geodaten und -dienste. Diese Arbeitsgruppe fungiert weiterhin als Kommunikationsplattform auf technischer Ebene unterhalb des IMAGI mit dem Zweck, Information zu technischen Fragestellungen auszutauschen und den IMAGI bei der Evaluierung von Maßnahmen zu Geodaten und Geodiensten zu unterstützen. Es soll vorgeschlagen werden, den Namen der Arbeitsgruppe in „Arbeitsgruppe Geodatenmanagement“ zu erweitern, um Verwechslungen mit den neu eingerichteten Arbeitsgruppen zu vermeiden

GeoPortal.Bund

Als Internetanwendung ermöglicht das GeoPortal.Bund den Zugriff auf dezentral verteilte Geodatenbestände und Geowebdienste der öffentlichen Verwaltung. Der Nutzer kann mit Hilfe des GeoPortals Geodaten suchen, visualisieren, miteinander verknüpfen und sich damit umfassend über Sachverhalte mit Raumbezug informieren (z.B. Verwaltungsgrenzen, Lage von Schutzgebieten, statistische Daten, Bodenkunde u.a.m.). Die Anzahl der eingebundenen Dienste sowie die Nutzungszahlen nehmen stetig zu.

GeoPortal.Bund bietet zudem eine umfassende Sammlung von Informationen. Neben aktuellen Meldungen enthält es viele Links zu Institutionen im Geobereich, anderen Geoportalen und Kartenangeboten sowie weiterführende Informationen aus dem In- und Ausland.

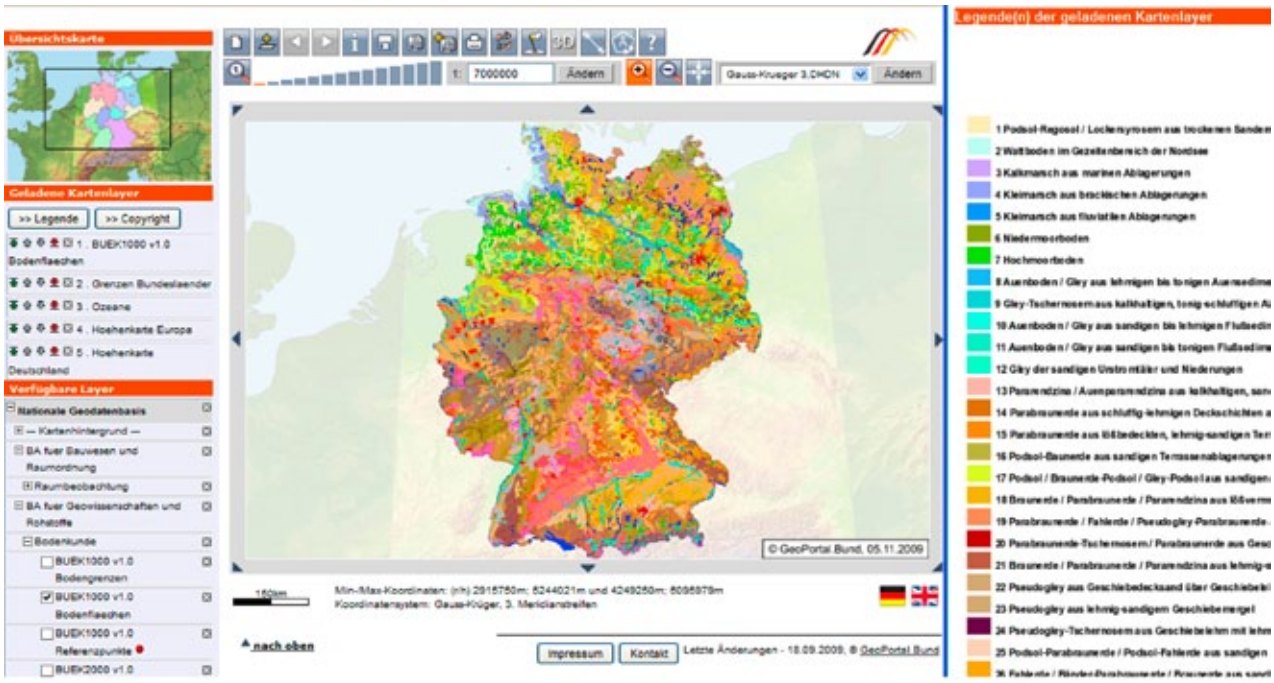


Abb. 4.1-1 Geoportal.Bund Viewer mit Daten der Bodenkunde

Im Rahmen der Anforderungen von GDI-DE, INSPIRE und GEOSS spielt Geoportal.Bund eine zentrale Rolle, weil es für diese Initiativen ein zentraler Zugang zu deutschen Geoinformationen darstellt.

Ausblick

Die größten Herausforderungen des IMAGI liegen zukünftig in der Umsetzung der o.g. EU-Richtlinie, mit der der sog. INSPIRE-Prozess eingeleitet wurde. Sie verpflichtet die Mitgliedsstaaten, durch zügige Entwicklung ihrer Geodateninfrastrukturen harmonisierte Geodaten und -dienste ab 2011 interoperabel zur Verfügung zu stellen.

Im Jahre 2011 steht die Bereitstellung von INSPIRE-konformen Daten über Darstellungsdienste (zu Annex I Themen und Suchdienste zu Annex II Themen) an. In diesem Zusammenhang hat das BKG intensiv an der Entwicklung des Geodatenkatalogs-DE sowie der Koordinierung zur Befüllung des Geodatenkatalogs-DE mit Metadaten des Bundes mitgewirkt.

Ebenfalls in den Jahren 2011/2012 wird die Weiterentwicklung der Nationalen Geodatenbasis (NGDB) des Bundes eine erhebliche Rolle spielen. Sie hat das Ziel, diese Datenbasis als Beitrag des Bundes in die im Aufbau befindliche NGDB der GDI-DE zu integrieren, aus dieser Datenbasis den Bedarf des Bundes und der Europäischen Kommission zu decken sowie die Anforderungen aus INSPIRE und GeoZG vollständig zu erfüllen. Zudem wird angestrebt, die Komponenten des GeoPortal.Bund als Beitrag des Bundes in das im Aufbau befindliche Geoportal.de der GDI-DE mit dem Ziel zu integrieren, die Anforderungen aus INSPIRE und GeoZG vollständig zu erfüllen, das Portal mit Geodatendiensten aus allen Einrichtungen des Bundes zu bedienen (soweit sinnvoll) und das Portal als den zentralen und nutzerfreundlichen Zugang zu Geodaten in der Bundesverwaltung zu etablieren.

Auf der Ebene der Staatssekretärinnen und Staatssekretäre ist eine enge Kooperation des IMAGI mit den Gremien der Staatssekretärinnen und Staatssekretäre für Geoinformations- und Vermessungswesen aus Bund und Ländern (GI-St), dem IT-Planungsrat (IT -Staatssekretärinnen und Staatssekretäre aus Bund und Ländern) und dem IT-Rat (nur Bund) vorgesehen.

4.1.2 Koordinierungsstelle Geodateninfrastruktur Deutschland (KSt. GDI-DE)

Geodateninfrastruktur Deutschland (KSt. GDI-DE)

Seit 2005 betreibt der Bund gemeinsam mit den Ländern und in Kooperation mit den Kommunalen Spitzenverbänden die Koordinierung der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE). Hierfür wurde im BKG eigens eine Koordinierungsstelle eingerichtet, deren Personal sich aus Bediensteten des Bundes und der Länder zusammensetzt. Letztere werden in Form von Abordnungen zeitlich befristet an das BKG abgeordnet, um von dieser Stelle aus an dem Vorhaben GDI-DE mitzuwirken. Organisatorisch ist die KSt. GDI-DE der Abteilung Geoinformationswesen als „Referat GI8 - Koordinierung GDI-DE“ zugeordnet.

Die strategischen und fachlichen Vorgaben für die Koordinierung GDI-DE werden im Lenkungsgremium GDI-DE (LG GDI-DE) definiert. Dieses setzt sich aus Vertretern des Bundes, der Länder und Kommunalen Spitzenverbänden zusammen. Der Vorsitz des LG GDI-DE rotiert im 2jährigen Turnus. Im Jahr 2010 wurde der Vorsitz durch das Land Bayern ausgeübt. Das Land Berlin nahm die Stellvertretung wahr und übernimmt ab 2011 den Vorsitz von Bayern.

Das Vorhaben GDI-DE einschließlich seiner organisatorischen Strukturen geht auf einen Beschluss der Chefs des Bundeskanzleramts und der Chefs der Staatskanzleien aus dem Jahr 2004 zurück. In dessen Folge wurde in der politischen Zuständigkeit für das E-Government in Deutschland das Netzwerk der GDI-DE eingerichtet (siehe auch: www.gdi-de.org).

Das Zusammenwirken zwischen BKG, Koordinierungsstelle und Lenkungsgremium ist in einer Verwaltungsvereinbarung von Bund und Ländern verbindlich geregelt. Diese beinhaltet organisatorische und finanzielle Regelungen sowie die fachliche Zielsetzung, welche den Aufbau und Betrieb der GDI-DE sowie die Koordinierung der Umsetzung der europäischen Richtlinie 2007/2/EG (INSPIRE) umfasst.

Im Zuge der Koordinierung GDI-DE unter Berücksichtigung der Anforderungen der Richtlinie 2007/2/EG wurde in den vergangenen Jahren ein verbindliches Netzwerk geschaffen, das den föderalen Strukturen Deutschlands gerecht wird. So ist es der Koordinierungsstelle GDI-DE möglich, Konzepte, Projekte und Prozessabläufe unter Einbeziehung des Bundes, aller Länder und der Kommunalen Spitzenverbände abzustimmen bzw. abzuwickeln. Diese Organisationsstruktur schließt ein, dass im Rahmen der GDI-DE sowohl beim Bund als auch bei den Ländern fachübergreifende Kommunikationsstrukturen für die Belange der GDI-DE nutzbar sind. Bezogen auf den Bund ist dies die Einbeziehung des IMAGI und seiner Arbeitsgruppen (siehe 4.1.1).

In der KSt. GDI-DE wurden 2010 viele Projekte in enger Kooperation mit dem IMAGI (Geschäftsstelle und AG IMAGI) durchgeführt. Hierzu gehört die Konzeption eines Geoportals für Deutschland als technischer Zugang zu den Geodaten und -diensten des Bundes und der Länder. Ein weiteres Projekt im Kontext der GDI-DE ist die Umsetzung eines Bund-Länder übergreifenden Konzeptes für die Nationale Geodatenbasis Deutschlands (NGDB). Das bereits 2009 verabschiedete Konzept soll 2011 in den Wirkbetrieb überführt werden. Die in Deutschland für die Verwaltung und für die Wirtschaft relevanten Geodaten der öffentlichen Hand werden dann entsprechend den Vorgaben der EU (Richtlinie 2007/2/EG – INSPIRE) und Deutschlands (GDI-DE ArchitekturV2.0) zertifiziert und zugänglich gemacht.

Einen für den Aufbau der GDI-DE elementar wichtigen Meilenstein stellt das mit Ländern und kommunalen Spitzenverbänden 2010 verabschiedete Architekturkonzept GDI-DE V2.0 dar. Es enthält sowohl die wichtigsten Standards der GDI-DE als auch die Beschreibung der technischen zentralen Komponenten der GDI-DE. Hierzu gehören:

- Geodatenkatalog-DE
- Registry-DE
- Geoportal-DE
- GDI-DE Testsuite

Neben der funktionalen Beschreibung dieser Komponenten enthält die Architektur der GDI-DE V2.0 einen Masterplan, der die Umsetzung

der GDI-DE anhand der wichtigsten Meilensteine bis 2012 beschreibt. Das Architekturkonzept wurde im August 2010 von Bund, Ländern und Kommunalen Spitzenverbänden verabschiedet und ist unter www.gdi-de.org (Dokumente) als Download verfügbar.

Ein wichtiges Handlungsfeld der KSt. GDI-DE ist die Koordinierung der Umsetzung der Richtlinie 2007/2/EG (INSPIRE). INSPIRE verpflichtet die Mitgliedsstaaten, auf der Basis existierender Geodateninfrastrukturen Geodaten und -dienste interoperabel zur Verfügung zu stellen. Deutschland hat das LG GDI-DE als nationale Anlaufstelle für die Umsetzung der Richtlinie benannt. Die Koordinierungsstelle nimmt hierfür die operativen Aufgaben wahr, unter anderem für die Wahrnehmung der in der Richtlinie festgelegten Berichts- und Überwachungspflichten seitens der Mitgliedsländer (INSPIRE-Monitoring). Hierfür ist es notwendig, betroffene Geodatensätze und -dienste bei Bund, Ländern und Kommunen zu identifizieren und anhand von Indikatoren hinsichtlich ihrer INSPIRE-Konformität zu kennzeichnen. Die Ergebnisse des von der KSt. GDI-DE gesteuerten INSPIRE-Monitoringprozesses sind unter http://www.gdi-de.org/inspire/monitoring veröffentlicht.

Ausblick

Die weitere Entwicklung der GDI-DE konzentriert sich 2011 auf die im Masterplan der GDI-DE festgelegten Handlungsfelder. Dieser fokussiert vor allem die Entwicklung und Freischaltung der zentralen Komponenten der GDI-DE (siehe oben). Des Weiteren gilt es, die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie in Deutschland zu verbessern und die Umsetzung der NGDB im Kontext des Geoportal-Deutschland zu initialisieren.

4.1.3 Ständiger Ausschuss für geographische Namen (StAGN)

Die Geschäftsstelle des StAGN, der im Jahre 1959 vom Bundesministerium des Innern (BMI) eingerichtet wurde, befindet sich im BKG. Informationen zum StAGN, Veröffentlichungen des StAGN und auch ein Informationsblatt zu den Tätigkeiten und Zielen der Expertengruppe der Vereinten Nationen für geographische Namen (UNGEGN) sind unter www.stagn.de abrufbar.

Im Jahr 2010 hat der Ständige Ausschuss für geographische Namen zwei Arbeitssitzungen durchgeführt: die 127. Sitzung im April in Tainach (Kärnten), die im Zusammenhang mit einer Sitzung der Arbeitsgruppe für Exonyme der UNGEGN stattfand, und die 128. Sitzung im September in Freiberg (Sachsen). Am Vortag der 128. StAGN-Sitzung erfolgte eine öffentliche Vortragsveranstaltung zum Thema „Berg(bau)namen“. Wichtige Themen bei den Sitzungen waren die Überarbeitung des „Deutschen Glossars zur toponymischen Terminologie“ und der „Empfehlungen und Hinweise für die Schreibweise geographischer Namen“. Beide Veröffentlichungen sind fertiggestellt und auf den StAGN-Internetseiten abrufbar. Statusangaben zu Objekttypen nach ATKIS-Objektartenkatalog für die Datenbank geographischer Namen des BKG und Definitionen von Landschaftstypen waren weitere Punkte der Sitzungen. Ebenso die fachliche Prüfung einer größeren Anzahl von neu eingereichten deutschsprachigen Vorschlägen für Bergnamen in der Antarktis. Diese Aufgabe erfüllt der StAGN in Absprache mit dem Landesausschuss SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) für die Aufnahme der Namen in das Composite Gazetteer of Antarctica.

4.1.4 Bundesgrenzangelegenheiten

Zu den Aufgaben des BKG gehört die fachtechnische Beratung der für die Grenzangelegenheiten zuständigen Bundesressorts (Auswärtiges Amt und Bundesministerium des Innern), die von Dr. Herbert Wilmes seitens des BKG wahrgenommen wird. Hierzu zählt die Mitarbeit des BKG in gemischten Grenzkommissionen mit den jeweiligen Nachbarländern und in technischen Arbeitsausschüssen, in denen auf deutscher Seite Bundes- und Ländervertreter zusammenarbeiten.

Die 34. Tagung der deutsch-österreichischen Grenzkommission fand vom 10. – 12. Mai 2010 in Berlin im Auswärtigen Amt statt. Bei den Verhandlungen wurde über den Abschluss der dritten gemeinsamen Überprüfung der Grenzzeichen im Grenzabschnitt „Inn“ und „Saalach“ sowie über die Überprüfungs-, Vermessungs- und Vermarkungsarbeiten im Grenzabschnitt „Scheibelberg-Bodensee“ berichtet. Für den Anschlusszeitraum 2010 - 2011 wurde das neue

Arbeitsprogramm genehmigt mit den Schwerpunkten „Baumaßnahmen an Grenzüberschreitenden Wasserläufen“, „Sanierung der Unteren Salzach“ und „Digitale Erfassung der Grenzlinie (Wasserscheide und Grenzbäche) im Referenzsystem ETRS89“.

Der Technische Arbeitsausschuss der deutsch-niederländischen Grenzkommission trat am 06.05.2010 in Coevorden (Niederlande) zusammen. Besprechungsthemen waren die Instandhaltung der gemeinsamen Grenze, die Koordinatenbestimmung der Grenzpunkte im ETRS89-System sowie Fragen zur Weiterführung oder Anpassung der vorhandenen Datenbank der Grenzpunkte. Hier bietet sich insbesondere eine engere Zusammenarbeit mit dem europäischen Projekt „State Boundaries of Europe (SBE)“ im Rahmen von EuroGeographics an. Im Rahmen des Treffens des Technischen Ausschusses fand auch eine Grenzbesichtigung im grenzüberschreitenden Gewerbegebiet „EuroPark Coevorden-Emlichheim“ statt.

4.2 Sonderaufgaben

4.2.1 Ausbildung

Kartographin/Kartograph

Die Abteilung Geoinformationswesen bietet eine 3-jährige Berufsausbildung im staatlich anerkannten Ausbildungsberuf „Kartograph / Kartographin“ für jeweils fünf Auszubildende pro Jahr an. Die Ausbildung erfolgt auf der Grundlage der „Verordnung über die Berufsausbildung zum Kartographen / zur Kartographin” vom 04. März 1997.

Abb. 4.2.1-1 Auszubildende (1. - 3. Ausbildungsjahr)

Der Prüfungsausschuss II-Süd des Bundesverwaltungsamtes nimmt jährlich die vorgeschriebenen Zwischen- und Abschlussprüfungen ab. Von den Azubi des BKG haben 2010

- fünf Azubi die Zwischenprüfung und
- fünf Azubi die Abschlussprüfung

erfolgreich bestanden.

Der **„Ravenstein-Förderpreis 2010“** wurde im Rahmen des 58. Deutschen Kartographentages in Berlin verliehen. Herr Dr. Peter Aschenberner, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V., der Vorstandsvorsitzende der Kartographie-Stiftung Ravenstein, Herr Dr. Horst Schöttler und Herr Reinhard Urbanke, Vorsitzender der Jury des Ravenstein-Förderpreises, überreichten an die Preisträger die Urkunden und Geldpreise.

Aus den sechs von Auszubildenden eingereichten Arbeiten wurden **Milena Bakic, Marco Geiger, Jonathan Guba, Christian Oberheim** und **Marian Wirtz** (1. AJ, BKG) für ihre Arbeit „LIMES – Grenze durch Hessen. Eine interaktive Reise durch Hessen“ mit dem 1. Preis für Auszubildende und **Berit Stolbinger** (2./3. AJ, BKG) für ihre Arbeit „Chorographische Karte von Venezuela“ mit dem 3. Preis für Auszubildende ausgezeichnet.

Abb. 4.2.1-2 Die Preisträger 2010

Der Ravenstein-Förderpreis ist ein Preis zur Förderung des kartographischen Nachwuchses in der Bundesrepublik Deutschland. Durch ihn sollen herausragende kartographische Arbeiten finanziell unterstützt und die besondere berufliche Qualifikation der Preisträger herausgestellt werden. Der Ravenstein Förderpreis besteht aus einem Preisgeld und einer Urkunde, die jährlich im Rahmen einer Veranstaltung der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. (DGfK) öffentlich verliehen werden.

Abb. 4.2.1-3 Der LIMES

Abb. 4.2.1-4 Venezuela

Feinmechanische Versuchswerkstatt

Das BKG unterhält eine feinmechanische Werkstatt, in der seine speziellen geodätischen Messinstrumente gewartet, repariert und kleinere individuelle Entwicklungen und Modifikationen von Messinstrumenten vorgenommen werden. Weiterhin bildet das BKG in seiner Werkstatt Auszubildende im anerkannten Lehrberuf Feinwerkmechaniker(in) aus. Die Ausbildungszeit beträgt 3½ Jahre. In der Werkstatt werden regelmäßig drei bis vier Auszubildende imLehrberuf Feinwerkmechaniker ausgebildet.

Die Feinmechanische Versuchswerkstatt des BKG hat im Berichtszeitraum 2010 an verschiedenen Projekten und Arbeiten der Abteilungen Geodäsie, Geoinformationswesen und Zentrale Dienste mitgewirkt.

Abb. 4.2.1-5 Testaufbau einer verschiebbaren GNSS-Antenne auf einem kugelgeführten Schlitten

Für Versuchsanordnungen zur GNSS-Echtzeitpositionierung wurden verschiedene spezielle GNSS Antennenhalterungen hergestellt, mit denen Experimente zur Echtzeitpositionierung vorgenommen und die Genauigkeit der Positionsbestimmung ermittelt werden konnten.

Im Zuge der Einführung galileofähiger Antennen an den GREF- Stationen wurden speziell angepasste Antennenaufsätze angefertigt. Zudem folgte die Herstellung von Halterungen für Empfänger und Modifizierungen von vorhandenen Wild-Adaptern für den universellen Gebrauch von verschiedenen Messinstrumenten.

Für das Laser Ranging System des Geodätischen Observatoriums Wettzell wurden Komponenten zur Verbesserung des Messvorgangs erstellt. Besondere Fertigungstechniken waren erforderlich, um die Lagerungsgenauigkeit für einen Schrittmotor und die damit verbundene rotierende Glasscheibe so zu erhöhen, dass eine Richtungsgenauigkeit für den ausgekoppelten Laserstrahl von < 40“ garantiert werden kann.

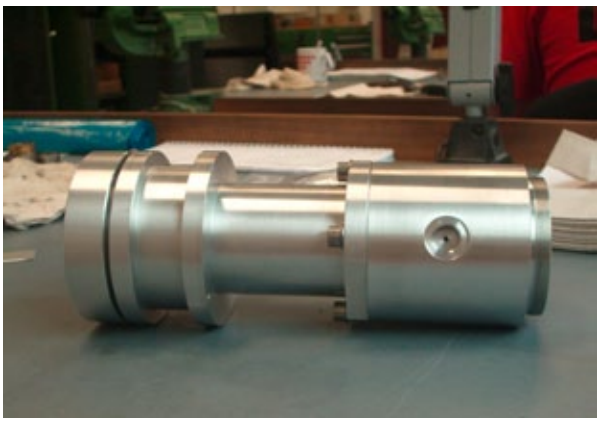


Abb. 4.2.1-6 Herstellung einer Hohlwelle für die Aufnahme der Reflektorscheibe

Für das Satellite Observing System des Geodätischen Observatoriums Wettzell (SOS-W) erfolgte der Bau eines speziellen Detektorgehäuses. Hierbei sollte die Position einer speziellen Empfangsdiode mit Mikrometer-Genauigkeit justierbar sein. Das Gehäuse muss den Detektor von Fremdlicht abschotten und gleichzeitig eine Wasserkühlung für die eingebaute Optik und Elektronik mit einschließen.

Abb. 4.2.1-7 Zusammenbau des Detektorgehäuses

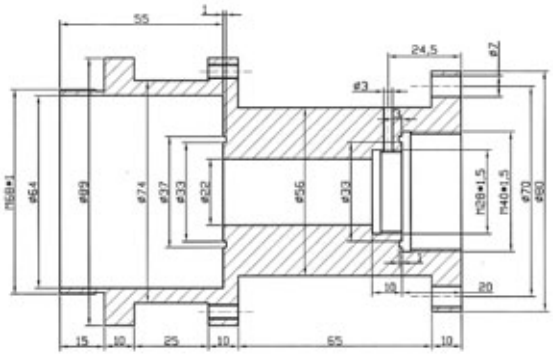


Abb. 4.2.1-8 Einzelteilzeichnung des Detektorgehäuses

Als Dienstleistung für das Referat Z3, Organisation und Öffentlichkeitsarbeit, erfolgten der Umbau und die Reparatur einer Medien-Bildwand, die zum Beispiel für die Ankündigung von Veranstaltungen im Dienstgebäude genutzt wird.

Abb. 4.2.1-9
Montage Medienwand

Für den Bereich der Schweremesstechnik wurden Reparaturen und Neuanfertigungen von speziellem Messzubehör durchgeführt. Abbildung 4.2.10 zeigt eine Justierplattform zur Messung der Laser-Leistung des Absolutgravimeters, die neu entworfen und gefertigt wurde.

Abb. 4.2.1-10 Justierplattform zur Einkopplung eines Laserstrahls auf eine Messeinrichtung

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit beteiligte sich die feinmechanische Versuchswerkstatt an der Durchführung des Girls‘ Day 2010, mit dem jungen Mädchen der Zugang zu technischen Berufen eröffnet werden soll.

Abb. 4.2.1-11: Vorführung der Drehbearbeitung anlässlich des „Girls’ Day 2010“

Im Berichtszeitraum erfolgten Vorbereitungen auf die Gesellenprüfung Teil 1 und Teil 2. Als Folge der breitgefächerten Ausbildung bieten sich für ausscheidende Mitarbeiter interessante neue Aufgabengebiete in Industrieunternehmen.

4.2.2 Veröffentlichungen des BKG

An Publikationen wurden im Berichtszeitraum fertiggestellt und veröffentlicht:

- **Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 44**

  Space-Time Reference Systems for Monitoring Global Change and for Precise Navigation.

- **Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 45**

  Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS,
  Tagung 2009.

Abkürzungsverzeichnis

AAA	AFIS-ALKIS-ATKIS
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AG	Absolutgravimeter
AGeoBw	Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr
AFIS	Amtliches Festpunktinformationssystem
AIUB	Astronomisches Institut der Universität Bern
AKT GT	Arbeitskreis Geotopographie der AdV
ASI	Italienische Raumfahrt Agentur
BGI	Bureau Gravimétrique International
BIPM	Bureau International des Pioids et Mesures
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BKG CC BKG	Combination Center
BMI	Bundesministerium des Innern
BSW	Bernese SoftWare
CDDIS	Crustal Dynamics Data Information System
CLC	Corine Land Cover
CODE	Zentrum für Satellitenbahnbestimmung in Europa
CRS-EU	Informationssystem für europäische Koordinatenreferenzsysteme
DBBC	Digitaler BaseBandConverter
DGFI	Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, München
DGM	Digitales Geländemodell
DHHN	Deutsches Haupthöhennetz
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DLR	Deutsche Agentur für Luft- und Raumfahrt
DNSC	Danish National Space Center
DREF-Online	Deutsches Referenznetz-Online
DSGN	Deutsches Schweregrundnetz
DSRS	Deutsches Schwerereferenzsystem
DTK	Digitale Topographische Karte
DTU Space	Danish National Space Center
EBM	EuroBoundaryMap
ECGN	European Combined Geodetic Network
EGM	EuroGlobalMap
EGN	EuroGeoNames
EOP	Erdrotationsparameter
EPN	EUREF-Permanentnetz (EPN)
ERIS	Earth Rotation Information System
ERM	EuroRegionalMap
ESA	European Space Agency (Europäische Weltraumbehörde
ESDIN	European Spatial Data Infrastructure Network
ETRS	European Terrestrial Reference System
EU	Europäische Union
EUREF	Europäisches Referenznetz
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
eVLBI	Electronic VLBI
EVRF	European Vertical Reference Frame
EVRS	European Vertical Reference System
GARS	German Antarctic Receiving Station
GDI-DE	Geodateninfrastruktur Deutschland
GDZ	GeoDatenZentrum des BGK
GCG05	German Combined (Quasi) Geoid 2005
GEOSS	Global Geodetic Observation System of Systems
GGOS	Global Geodetic Observing System

GIUB	Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GNSS	Global Navigation Satellite System
GOCE	Gravity Field and steady-state Ocean Circulation Explorer
GRACE	NASA Gravity Recovery And Climate Experiment
GREF	Integriertes Geodätisches GNSS-Referenznetz
IAG	International Association of Geodesy
IAU	International Astronomical Union
ICRF	International Celestial Reference System (Himmelspol)
IERS	Inernational Earth Rotation and Reference Systems Service
IERS DIS	IERS Daten- und Informationssystem
IfAG	Institut für Angewandte Geodäsie
IGS	International GNSS Service
IGS05	IGSO5-(Stationen)
ILRS	International Laser Ranging Service
IMAGI	Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
ITRF	International (IERS)Terrestrial Reference Frame
IVS	International VLBI Service
JOG	Kartenserie Joint Operations Graphic
KSt. GDI-DE	Koordinierungsstelle GDI-DE
LC	Land Cover
LAU	Local Administrative Unit
LG GDI-DE	Lenkungsgremium GDI-DE
LGN	Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen
LIDAR	Light Detection and Ranging
LLR	Lunar Laser Ranging
LRO	Lunar Reconnaissance Orbiter
MPIfR	Max-Planck-Institut für Radioastronomie
NRW	Nordrhein-Westfalen
NTRIP	Network Transport of RTCM via Internet Protocol
NUTS	Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques
OGC	Open Geospatial Consortium
POI	Points of Interest
PPP	Precise Point Positioning
PTB	Physikalisch Technische Bundesanstalt
RICAG_WE	Regionale Internationale Absolutgravimeter Vergleichskampagne 2010 u.a. in Wettzell
RTCM	Radio Technical Division for Maritime Services
TASMAGOG	Temporal and spatial multiscale assessment of mass transport by combination of gravity observations from GRACE and terrestrial stations
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst
SG	Supraleitende Gravimeter
SLR	Satellite Laser Ranging
SLR-BSW	SLR Version der Berner Software
SOS-W	Satellite Observing System Wettzell
StAGN	Ständiger Ausschuss für geographische Namen
THW	Technisches Hilfswerk
TIGO	Transportables Integriertes Geodätisches Observatorium
TRF	Terrestrial Reference Frame
TTC	Telemetry and Telecommand Centre
TUM	Technische Universität München
UdeC	Universidad de Concepcion
UT1	Universal Time No. 1
UTC	Coordinated Universal Time

VG	Verwaltungsgrenzen
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
VMF1	Vienna Mapping Function
WFS	Web Features Service
WLRS	Wettzell Laser Ranging System
WMS	Web Map Services